

UTILIZAREA TEHNOLOGIEI IOT ÎN DOMENIUL MEDICAL

Ramona PLOTOGEA

ramonaplotogea@gmail.com

Academia de Studii Economice București

Alin ZAMFIROIU

zamfiroiu@ici.ro

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare
în Informatică - ICI București

Rezumat: Articolul reprezintă analiza atentă a strategiilor, a variabilelor și a modului în care acestea permit tehnologiilor IoT și interfețelor creier-computer să aducă o contribuție semnificativă la îmbunătățirea condițiilor de trai. Această lucrare dezbate două domenii de actualitate și de perspectivă, tratează subiectele legate de tulburările neurologice și de impactul interfețelor creier-computer și prezintă modul în care aceste două direcții pot conlucra în vederea atingerii unor progrese record în medicină și nu numai. Observațiile și rezultatele finale ce caracterizează această lucrare indică modul în care cercetarea și dezvoltarea acestui domeniu vizează folosirea activității cerebrale strict pentru a ajuta persoanele cu nevoi speciale și nu pentru a modifica în vreun fel activitatea cerebrală. Aceste rezultate pot constitui un reper pentru detectarea și prevenirea timpurie a acestor afecțiuni.

Cuvinte cheie: IoT, Brainwaves, Interfață creier-computer, Electroencefalogramă, Brain-hacking.

Abstract: This article presents an overview of the main strategies, variables and, of course, of the approach that enables IoT technologies and brain-computer interfaces to provide a significant contribution to a better, healthier lifestyle. This paper describes two current technology breakthroughs that are extremely popular at the moment, provides a brief description of the issues concerning brain disorders and of the impact of these brain-computer interfaces and it also debates the way these two main breakthroughs may pull together in order to achieve an impressive progress in medicine and in other fields, as well. The observations and main results that sum up this paper are meant to show that persistent research and development of this technology aim to use brain activity strictly in order to help people with severe motor disabilities. Furthermore, this technological breakthrough may serve as an instrument for the early detection of neurological diseases and its use must definitely not be targeted for the hacking process of the human brain.

Keywords: IoT, Brainwaves, Brain-computer interface, Electroencephalography, Brain-hacking.

1. Introducere

Aplicarea și implementarea principiilor IoT la scară largă promit să transforme radical mare parte din stilul nostru de viață obișnuit. Dincolo de facilitățile tentante pe care aplicațiile din domeniul caselor inteligente le propun, aspectele extreme de inovative ale IoT sunt cu atât mai edificatoare în domeniul medical. În acest domeniu, aplicațiile IoT nu vizează doar aspecte legate de optimizare, de eficiență și facilitarea unor task-uri, ci vine în sprijinul tuturor celor care se confruntă cu diverse afecțiuni. Totodată, dispozitivele IoT pot să confere o abordare care să le permită persoanelor în vârstă sau persoanelor cu dizabilități să trăiască într-un mod mult mai autonom și personalizat, factori importanți care influențează într-un mod pozitiv calitatea nivelului de trai. În mod evident, necesitatea dezvoltării IoT în acest subsistem medical, la fel ca în celelalte ramuri, preia o nuanță din ce în ce mai pronunțată întrucât progresul oferă

soluții optime și în cazul problemelor legate de mecanismul de supraveghere al pacienților, managementul bolilor cronice, etc. În acest sens, comunitatea medicală trebuie să pășească în această eră digitală și să îmbrățișeze inițiativele inovative pe care IoT le propune pentru optimizarea resurselor prin automatizarea fluxului de muncă în același timp cu reducerile de costuri și cu menținerea standardului de calitate.

Domaniul IoT (n.a. Internet of Things) reprezintă un concept general care desemnează capacitatea dispozitivelor din cadrul unor rețele de a prelua și colecta date din mediul înconjurător și de a partaja aceste informații, cu ajutorul Internetului, în vederea procesării și utilizării acestora cu diverse scopuri utile societății. IoT reprezintă, astfel, o rețea uriașă de dispozitive, obiecte și senzori care comunică într-o manieră inteligentă și oferă suport pentru o lume conectată. Acest sistem de componente interdependente este capabil să furnizeze soluții inteligente, fără a necesita

intervenția unor persoane și poate chiar să acționeze în concordanță. Într-o definiție mai simplă, IoT reprezintă o rețea în care dispozitivele inteligente colectează date, prelucrează și fac schimb de informații pe baza cărora acționează automat [1]. Numeroase companii importante din sectorul IT și-au exprimat părerea cu privire la potențialul impact pe care IoT îl va avea asupra internetului și domeniului economic în următorii 5-10 ani. Conform celor de la Cisco și McKinsey Global Institute [2], se estimează că vor exista în jur de 24 de miliarde de dispozitive inteligente conectate la Internet până în anul 2019, precum și un impact financiar ce va estima între 3.9 și 11.1 trilioane de dolari până în 2025.

În domeniul medical, tehnologiile IoT au ca principal scop să reducă dependența de asistență oferită de personalul medical, sau de oameni, în general, și să ofere soluții stabile și fiabile care să furnizeze un diagnostic precoce și un tratament eficient. Principalele direcții în care dispozitivele medicale IoT acționează vizează atât funcționalități care permit îngrijirea și asistarea persoanelor cu dizabilități sau cu un grad redus de mobilitate, cât și opțiuni de colectare și monitorizare a datelor de la pacienți. Necesitățile acestor categorii de utilizatori constituie o categorie aparte și un subiect foarte delicat întrucât aplicațiile în domeniu își propun să le ofere utilizatorilor posibilitatea de a-și monitoriza în mod facil starea de sănătate, de a spori gradul de independență și de a fi capabili să își rezolve singuri anumite proceduri de rutină, toate aceste avantaje sporind considerabil calitatea și durata ciclului de viață.

Această lucrare este concretizată în părți care vizează expunerea aspectelor ce țin de structura unui sistem bazat pe interfețele creier-computer, a rezultatelor obținute până în prezent, precum și a complexității ridicate a acestor sisteme, inclusiv din punct de vedere al limitărilor de ordin moral, etic și chiar legal. În capitolul 2 a acestui articol sunt prezentate informații cu privire la principalele tipuri de interfețe creier-computer, la avantajele și dezavantajele pe care fiecare tip le prezintă. Capitolul 3 analizează dezvoltarea și tipologia senzorilor utilizați în domeniul medical, în timp ce ultima secțiune conferă o amplă descriere a modului de utilizare al aplicației e-Brain Control, aplicație care are rolul de a

folosi semnalele activității cerebrale în vederea furnizării unor funcționalități importante pentru utilizatorii care doresc să monitorizeze și să își îmbunătățească gradul de concentrare pe parcursul zilei.

2. Interfețe Creier-Computer

Conceptul de interfață creier-computer sau interfață creier-mașină (ICM), pe care o găsim în lucrările de specialitate ca fiind numită și interfață neuronală directă (direct neural interface) sau chiar interfață mind-machine reprezintă echipamente care le permit oamenilor să transmită informație fără să efectueze vreo mișcare. ICM(rom.) sau BCI (BCI din englezescul Brain Computer Interface) are ca principală funcționalitate comunicarea dintre creierul uman și un dispozitiv extern. Pe baza acestui fapt, cercetătorii din domeniu lucrează continuu pentru a folosi sistemele ICM în vederea asistării, mapării și reparării funcțiilor umane de tip cognitiv sau care țin de aparatul locomotor [3].

Aceste sisteme sunt folosite cel mai adesea de către persoanele cu dizabilități care nu își pot folosi funcțiile de control normale asupra membrilor și, uneori, nici vorbirea și au rolul de a oferi canale alternative sau suplimentare de comunicație și de control. O astfel de interfață presupune preluarea semnalelor, a biopotențialelor de la nivelul senzorilor prin intermediul unui dispozitiv de achiziție, procesarea informațiilor înregistrate prin mijloace specifice, precum și coordonarea unui set de acțiuni pe baza acestora [4].

2.1 Sisteme ICM

Sistemele bazate pe interfețele creier-computer au la bază principiul potrivit căruia utilizatorul în cauză va acționa cu puterea minții și în absența oricărui efort sau contact fizic. Condițiile necesare funcționării acestor interfețe vizează existența unei legături directe între creierul uman și computer, precum și prezența unui utilizator. Activitatea de monitorizare a activității cerebrale este necesară pentru ca respectivul computer să poată să interpreteze tot ceea ce creierul încearcă să transmită [5]. Principalele tipuri de sisteme ICM sunt cele invazive, parțial invazive și non-invazive. Diferența este dată de

modalitatea de plasare a senzorilor responsabili cu monitorizarea activității cerebrale.

Sistemele ICM de tip invaziv oferă o perspectivă mult mai clară și mai reală asupra activității cerebrale, însă implică plasarea senzorilor în interiorul creierului, la nivelul materiei cenușii, operație ce are loc doar în cadrul unei intervenții neurochirurgicale. Aceste tipuri de sisteme sunt folosite cu predilecție la tratarea afecțiunilor oftalmologice, precum și pentru ajutorul persoanelor cu handicap locomotor. Pe baza senzorilor implantați, oamenii de știință analizează activitatea neuronilor din creier. Acest limbaj este trimis, ulterior, către un translator computerizat care folosește o serie de algoritmi speciali pentru a transforma acest limbaj neuronal într-un limbaj pe care computerul îl poate prelucra și analiza. De la acest ultim computer vor fi trimise instrucțiuni și comenzi către dispozitivul extern pe care utilizatorul dorește să-l controleze. Grație modalității de plasare la nivelul materiei cenușii, sistemele ICM de tip invaziv oferă cea mai bună calitate și acuratețe a semnalelor neuronale. Pe de cealaltă parte, aceste sisteme pot foarte ușor să ducă la formarea de țesut cicatrizat în apropierea rădăcinii nervoase. Astfel, corpul va reacționa împotriva corpului străin din interiorul creierului, iar rezultatul acestui fapt se va concretiza în pierderea sau slăbirea semnalului neuronal.

Sistemele ICM parțial non-invazive sunt plasate în interiorul cutiei craniene, însă pe suprafața creierului și nu la nivelul materiei cenușii. Modalitatea de observare a acestor sisteme se bazează pe electrocorticogramă, pe procesul de înregistrare a activității bioelectrice cerebrale prin electrozi plasați direct pe suprafața cortexului cerebral. Aceste sisteme asigură o calitate a semnalului neuronal mult mai bună decât sistemele ICM de tip non-invaziv și prezintă un risc mai redus de formare de țesut cicatrizat. Studiile recente indică faptul că persoanele cu handicap motor au reușit să obțină un control sporit cu pregătire minimă, folosind sistemele care se bazează pe electrocorticogramă. Pe de cealaltă parte, sistemele ICM non-invazive nu necesită nici un fel de intervenție neurochirurgicală și nu transmit impulsuri electrice la nivelul organismului. Aceste sisteme măsoară activitatea cerebrală vizibilă la suprafața scalpului, având la bază metoda denumită

electroencefalografie. Aceasta din urmă a devenit cea mai studiată și comună interfață creier-computer de tip non-invaziv, mai ales grație modului facil de utilizare, portabilității și costurilor scăzute. Din păcate, calitatea semnalului neuronal este afectată de țesutul osos al craniului. Cu toate acestea, indiferent de locația senzorilor de electroencefalogramă, procedeul respectă același principiu: sunt măsurate, la fiecare minut, diferențele de voltaj dintre neuroni, urmând ca semnalul să fie amplificat și filtrat. Deși cutia craniană blochează o parte din semnalele neurologice și uneori poate distorsiona calitatea acestora, sistemele ICM de tip non-invaziv constituie cel mai acceptat, folosit și promovat mecanism pentru interfețele creier-computer, deoarece nu prezintă riscurile și dezavantajele sistemelor invazive sau parțial invazive [6].

2.2 Înregistrarea activității neuronale

Rezultatul activității electrochimice a celulelor din corp este reprezentat printr-o serie variată de semnale electrice și magnetice. Măsurarea selectivă și într-o manieră non-invazivă a biosemnalelor conferă informații utile despre diverse funcții ale organismului uman. Tehnicile de monitorizare neuronală care folosesc senzorii plasați la nivelul scalpului înregistrează semnalele emise din zona cortexului, a scoarței cerebrale. Cortexul este format din cele 2 emisfere, fiecare dintre acestea fiind responsabilă cu coordonarea unor activități specifice. Creierul generează o serie diversificată de semnale. Există două clase principale de semnale neuronale: semnalele care reflectă potențialul de acțiune al neuronilor individuali, iar aceste semnale sunt obținute prin metode invazive de plasare a senzorilor, precum și semnalele ce se obțin ca rezultat al combinării activității sinaptice și neuronale a grupurilor de neuroni, acestea din urmă fiind obținute fie pe baza senzorilor de electroencefalogramă, fie cu ajutorul electrozilor implantați. Motivul pentru care o interfață creier-computer funcționează are la bază esența prin care creierul uman funcționează. Creierul fiecărui om este compus din miliarde de neuroni, celule care comunică între ele prin intermediul impulsurilor electrice. Schimburile acestea determină, prin cantitatea de energie produsă, activitatea electrică de la nivelul creierului care se concretizează sub forma unor unde cerebrale. Undele pot fi de tip

alfa, beta, teta, delta, sigma sau gama și se măsoară, de regulă, în hertzi [7].

Semnalul delta tinde să aibă cea mai mare amplitudine, precum și cea mai mică ondulație, având o frecvență între 0.5 și 3.5 Hz. Undele delta apar în condițiile unui somn profund, cu precădere la adulți, dar pot să apară și la bebeluși, întrucât acestea caracterizează o activitate a minții inconștiente. Undele sigma și delta sunt undele specifice unei stări de somn adânc, fără vise și vizează o stare de regenerare fizică.

Ritmul alfa poate să preia frecvențe situate între 7.5 și 12 Hz și constituie un ritm care este determinat la nivelul posterior al capului de către stări de relaxare sau de închidere a ochilor chiar și numai timp de o secundă sau două [8]. Undele alfa apar când creierul este într-o stare de alertă, însă fără putere de concentrare și sunt emise atunci când persoana se află într-o stare de relaxare sau de meditație. De regulă, la o persoană sănătoasă aflată în stare de veghe, predomină ritmul alfa întrucât acesta caracterizează activitatea bioelectrică a creierului aflat în stare de repaus.

Semnalul beta prezintă frecvențe cuprinse între 12 și 30 Hz, este un ritm care predomină în zona frontală a creierului și apare, în principal, atunci când persoana se află într-o stare de alertă sau de ușoară alertă. Este un ritm care caracterizează o activitate mai sporită a scoarței cerebrale: stimulări senzoriale, efort mental determinat de sarcini de natură zilnică, însă poate foarte ușor să conducă la stări de stres și neliniște. Undele beta sunt unde mai rapide.

Undele gamma caracterizează un semnal cu frecvențe mai mari sau egale cu 31 Hz. Reflectă mecanisme de cunoaștere și stare de perfectă luciditate [9].

Altă categorie de unde cerebrale, unde teta, prezintă o frecvență situată între 3.5 și 7.5 Hz, fiind un ritm ce se observă în cazul unor stări de somnolență la adulți, mult mai frecvent în copilărie. Acest ritm caracterizează o stare de relaxare, dar în care persoana rămâne conștientă de realitatea care o înconjoară. Undele teta constituie linia subțire care delimitează starea de calm și relaxare de starea de somn, aceste unde oferind cel mai mare acces către subconștient. Frecvențe ridicate ale acestor unde sunt considerate anormale în cazul adulților [4].

Specialiștii consideră că aceste două tipuri de unde cerebrale: alfa și beta sunt cele care reprezintă, în cazul unui om normal, aproape 90% din totalul activității neurologice observate. Monitorizarea acestor semnale neuronale prezintă o importanță deosebită atât pentru persoanele care doresc să obțină un nivel mai bun de concentrare, dar mai ales pentru controlul și detectarea timpurie a oricărei formă de afecțiune neuronală.

3. Senzori utilizați în domeniul medical

3.1 Internet of Medical Things

Tendențele din domeniul medical vizează preluarea și dezvoltarea rapidă a tehnologiilor IoT, întrucât acestea promet să reducă semnificativ costurile, să sporească eficiența, productivitatea, precum și calitatea serviciilor. Acest fenomen a luat amploare în special în ultimii ani, fiind cunoscut sub denumirea de Internet of Medical Things, cu alte cuvinte, Internetul lucrurilor ce țin de domeniul medical. IoMT își propune, în primul rând, o transformare generală a serviciilor de sănătate și a asistenței medicale.

Conceptul de Internet of Medical Things se referă la o infrastructură compusă din dispozitive medicale și aplicații software interconectate care pot să comunice cu numeroase sisteme de sănătate. În acest sens, IoMT este fundamentat în jurul dispozitivelor medicale echipate cu conexiuni Wi-Fi și care sunt capabile să comunice într-o manieră “inteligentă”. Impactul tehnologiilor IoT în domeniul medical va avea, cu siguranță, cel mai important și personal efect, specialiștii din domeniu afirmând faptul că până în anul 2020, aproximativ 40% din sfera IoT va fi legată de sistemele de sănătate, mai mult decât orice altă categorie, constituind o piață de aproximativ 117 miliarde de dolari [10].

3.2 Rolul și complexitatea senzorilor utilizați în domeniul medical

O serie de tehnologii pot să reducă semnificativ costurile totale pentru prevenția sau tratamentul unor boli cronice. Aceste tehnologii includ dispozitive și senzori care monitorizează constant starea de sănătate și chiar dispozitive care administrează tratamente

fără intervenție sau ajutor uman. Din ce în ce mai mulți pacienți au început să folosească aplicațiile mobile care le permit să gestioneze unele forme de tratament sau de prevenire a unor posibile afecțiuni.

Senzorii pot să furnizeze o serie de informații care au rolul de a sprijini dezvoltarea domeniului farmaceutic și medical, întrucât dispozitivele de acest tip au pătruns rapid pe piață, iar consumatorii și industria medicală au acum acces la un volum uriaș de date, nu doar în ceea ce privește pulsul, tensiunea sau ritmul respirator, ci și date mult mai complexe privind unii factori de risc, factori alergeni sau obiceiuri nesănătoase. Noua eră a dispozitivelor purtabile și a aplicațiilor software pe care le regăsim în zilele noastre oferă o serie de avantaje în ceea ce privește zona de fitness, educație în sănătate, detectarea precoce a unor afecțiuni înainte de apariția simptomelor, precum și managementul metodelor de tratament. Toate aceste avantaje duc la diminuarea semnificativă a timpului pe care utilizatorii și specialiștii în sănătate îl petrec analizând comportamentul pacienților și sporesc relevanța datelor interpretate.

În strânsă legătură cu domeniul IoMT prezentat anterior se află și metodele de măsurare a activității cerebrale și de exploatare a potențialului acesteia în vederea re-asigurării mobilității pentru persoanele care suferă de paralizie severă. Interfețele creier-computer prezentate anterior promet să asigure un grad mai mare sau mai mic de mobilitate și independență acestor categorii de pacienți. Un sistem bazat pe o interfață creier-computer este compusă dintr-un senzor, un decodor al rețelei neurale, precum și o structură decizională care să fie capabilă să acționeze în concordanță.

Senzorii au rolul de a observa, în mod direct sau indirect, schimbările din activitatea cerebrală, de a asocia aceste schimbări cu intenția de a influența poziția sau starea unui obiect extern, și, în ultimă fază, de a transmite această intenție structurii decizionale responsabilă cu efectuarea acțiunii. Astfel de senzori includ sisteme de electroencefalografie, electrocorticografie, magnetoencefalografie, sau imagistică prin rezonanță magnetică. Structura decizională este elementul care acționează și este reprezentată fie printr-un cursor pe ecranul dispozitivului, printr-un scaun cu roțile electric, un sistem de proteze pentru membre, un robot semi-autonom, sau

printr-un dispozitiv care folosește stimularea electrică funcțională în vederea recuperării controlului asupra unor membre. Dispozitivul care acționează ca liant între senzori și structurile decizionale poartă denumirea de decodor, întrucât ele au rolul de a înregistra activitatea neuronală complexă de la senzori, de a discerne și identifica dorința utilizatorului și de a converti această dorință în acțiuni și comenzi pentru structura decizională.

Din aceste motive, este foarte important ca în proiectarea unor interfețe creier-computer, alegerea celor 3 elemente: senzori, decodor și structură de decizie să se realizeze într-o manieră interdependentă, întrucât deciziile și acțiunile care pornesc de la creier depind foarte mult de tipul și plasarea senzorilor la nivelul diverselor zone ale creierului.

Tehnica de imagistică prin rezonanță magnetică este folosită pentru a explora structurile corticale și subcorticale responsabile cu mișcările voluntare ale corpului uman, precum și cu psihomotricitatea. Sistemele ICM bazate pe această tehnică folosesc led-uri atașate de suprafața scalpului cu rolul de a înregistra legătura dintre schimbările produse la nivelul procesului de vascularizare și oxigenare a cortexului și activitatea cerebrală.

O altă tehnică, electroencefalografia, utilizează o serie de senzori plasați la nivelul scalpului pentru a măsura diverse tipuri de semnale generate de schimbările de potențial post-sinaptic emanat de neuroni. Acestor semnale le corespund diverse intervale de frecvență cuprinse între 0.3 și 20+ Hz. Cele mai multe interfețe creier-computer bazate pe electroencefalografie au asigurat în ultimii 15 ani o platformă de comunicație pentru pacienții cu scleroza amiotrofică laterală și paralizie cerebrală și au oferit aceleiași grupe de pacienți posibilitatea de a controla 2D un cursor pe monitor.

Senzorii plasați pe suprafața creierului asigură semnale de electrocorticografie, semnale similare cu cele de electroencefalografie în sensul că ambele măsoară activitatea sincronă a neuronilor. Semnalul de electrocorticogramă are avantajul de a surprinde mult mai bine rezultatele activității cerebrale din punct de vedere grație amplasării senzorilor, însă prezintă un mare dezavantaj prin prisma faptului că este necesară o craniotomie pentru a plasa efectiv

senzorii. Cu alte cuvinte, specialiștii nu dețin o evidență clară a faptului că această procedură de secționare chirurgicală a craniului este o metodă sigură și suficient de non-invazivă și eficientă pentru pacient în vederea măsurării activității cerebrale.

Activitatea cerebrală constituie, fără îndoială, motorul interfețelor creier-computer. Din acest motiv, o serie de specialiști au plasat o serie de senzori în zonele creierului responsabile cu controlul motor, asigurându-se astfel că înregistrările din ariile corticale vor fi corelate cu activitățile aparatului locomotor. În mod similar, sistemul poate utiliza un decodor pentru a “traduce” activitatea neuronală în mișcări propriu-zise. În acest sens, a fost demonstrat faptul că maimuțele care au luat parte la acest experiment au reușit să efectueze proceduri de rutină doar prin utilizarea potențialului de acțiune [11].

4. Studiu de caz: e-Brain Control

Echipamentele medicale de tip EEG se ocupă cu înregistrarea activității electrice a generatorilor cerebrali și cu analiza acesteia.



Figura 1. Montarea dispozitivului *MindFlex* și a senzorilor *EEG* [12]

au rolul de a înregistra undele cerebrale de la nivelul frunții și lobii urechilor. *MindFlex* este denumirea comercială a acestei căști, produs comercializat de *NeuroSky*, un producător foarte popular pe piața sistemelor de tip ICM, începând cu anul 2009. Tehnologia EEG disponibilă în cadrul acestui dispozitiv a fost folosită inițial pentru un joc care îi permitea utilizatorului să controleze obiecte cu ajutorul minții. Dispozitivul este dotat cu senzori care captează 7 unde cerebrale care reprezintă frecvențele activității electrice de la nivelul creierului: atenție, meditație, delta, teta, alfa,

Un astfel de echipament este, de regulă, compus dintr-o cască cu zeci de electrozi pe suprafața ei, electrozi care detectează semnalele electrice care circulă în interiorul creierului. Cu toate acestea, electroencefalograma este oarecum susceptibilă la zgomot și reflectă doar o parte din totalul mecanismul electric cerebral rezultat din activitatea neuronilor și a funcțiilor cerebrale de tip cortical și subcortical [4].

Sistemul informatic are ca punct de pornire aplicarea la nivelul scalpului a unei căști EEG cu doi senzori, cască având rolul de a determina o electroencefalogramă. Acești senzori aplicați la nivel de cască constituie dispozitivul care răspunde la stimulii fizici înregistrați, stimuli care vor fi ulterior transformați în semnale electrice.

Realizarea acestui sistem informatic responsabil cu monitorizarea și prelucrarea semnalelor la nivelul activității neuronale implică existența unor senzori care să preia datele de la nivelul cortexului. Sistemul informatic folosește, în acest sens, o cască montată pe capul utilizatorului, cască fiind dotată cu senzori de electroencefalogramă ce

beta și gamma. Există o mare diferență între valorile inferioare și superioare specifice semnalelor EEG alfa, beta și gamma, întrucât acestea măsoară activitatea cerebrală din zone diferite ale cortexului parietal, iar diferențe mari între aceste valori pot să semnaleze începutul unor afecțiuni neurologice [13]. Cele două valori aparte, atenția și meditația, constituie frecvențe furnizate de către producătorul *NeuroSky* și reprezintă, conform acestuia, un nivel intens de concentrare mentală obținut în timpul efectuării unei proces cerebral, respectiv un nivel de relaxare care se obține în urma reducerii complexității

proceselor mentale. Conform unei comparații efectuate recent, valorile transmise de casca EEG de la Neurosky oferă un semnal bun și real în raport cu o investigație de electroencefalogramă realizată în cadrul unei unități medicale [12].

Întregul sistem informatic are la bază utilizarea interfeței creier-computer asigurată prin dispozitivul cu cască și senzorii de electroencefalogramă. Fără acest dispozitiv, preluarea și înregistrarea undelor cerebrale de la nivelul cortexului nu ar fi posibilă.

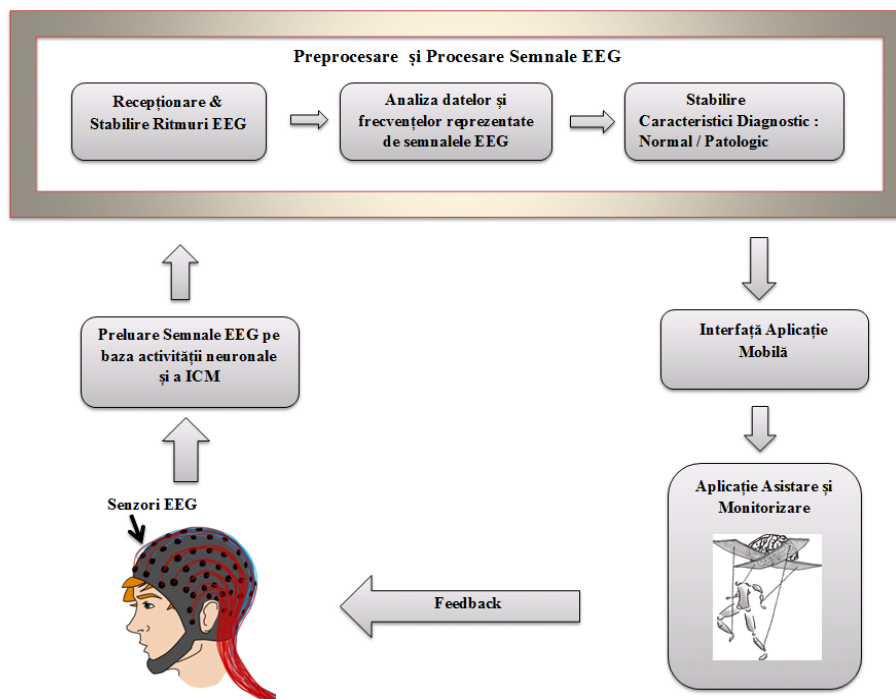


Figura 2. Arhitectura aplicației bazată pe ICM și utilizarea biopotențialelor EEG [4]

În primă fază, sistemul informatic permitea monitorizarea undelor cerebrale și constituia, în mare parte, un instrument pentru dezvoltatori. Din acest punct de vedere, utilizatorii pot să consulte în orice moment, în timp real, fluxul de unde cerebrale înregistrat la nivelul dispozitivului de monitorizare neuronală. Principalele probleme care pot să apară în timpul monitorizării vizează aspecte precum o calitate foarte slabă a semnalului, precum și lipsa unor înregistrări clare cu privire la valorile de atenție și meditație. O conexiune realizată cu succes și care transmite valori reprezentative este corespunzătoare unui semnal cu o valoare situată cât mai aproape de 0, pe o scară de la 0 la 200. Indicațiile și recomandările pentru obținerea unei conexiuni stabile vizează plasarea corectă a senzorilor, în speță a electrozilor de la nivelul dispozitivului direct pe frunte și pe lobii urechilor. Acești electrozi macroscopici au rolul de a capta curentul de ioni din impulsul biologic, având caracter de conductor metalic [14]. Specialiștii în neuroștiință au precizat faptul că senzorul plasat pe frunte trebuie să se situeze deasupra

ochiului stâng, iar senzorii să fie curățați în permanență folosind fie alcool izopropilic, fie alcool etilic. Întrucât orice formă de monitorizare prin electroencefalogramă este foarte susceptibilă la diverse forme și surse de zgomot, utilizatorii dispozitivului MindFlex trebuie să țină cont de aceste recomandări pentru a nu întâmpina dificultăți sau probleme în analiza și interpretarea valorilor EEG [15].

O altă precizare importantă este faptul că există o documentație solidă care atestă faptul că undele înregistrate cu ajutorul dispozitivului MindFlex reflectă semnalele biomedicale precise ale ritmului EEG, fluxul de valori înregistrate constituind o formă acceptabilă de feedback neuronal. Sistemul este, astfel, capabil să recunoască mișcări ale globului ocular, mișcări ale mușchilor faciali, dar și reflexul de clipire. Înregistrarea acestor semnale prezintă o oarecare întârziere cuantificată în 1-2 secunde, însă majoritatea cercetătorilor continuă să considere acest flux ca fiind unul relativ în timp real.

Sistemul informatic e-Brain Control a fost

creat folosind plăcuța de dezvoltare și partea de software Arduino, o bibliotecă adițională responsabilă cu parsarea datelor EEG recepționate de la senzorul TGAM al dispozitivului MindFlex, precum și un program realizat în Python. Biblioteca Brain Control are rolul de a parsea aceste date recepționate pe

portul serial sub forma unui șir de valori de tip caracter separate prin virgulă. Prima valoare înregistrată va fi corespondentul intensității semnalului, 0 este sinonim cu o conexiune realizată cu succes, în timp ce limita superioară de 200 semnifică lipsa semnalului.

```

firebase = pyrebase.initialize_app(config)
def uploadEEG():

    #Setup a loop to send EEG values at fixed intervals
    #in seconds
    fixed_interval = 10
    if not Main.ser is None:
        while dead:
            try:
                #EEG value obtained from Arduino + Sensor
                ef_values = Main.ser.readline()
                e_values= ef_values.decode('ascii')
                #current time and date
                time_hhmmss = time.strftime('%H:%M:%S')
                date_mmddyyyy = time.strftime('%d/%m/%Y')
                Main.isOkay = 10
                Main.isToBeAdded = e_values
                print(e_values + ',' + time_hhmmss + ',' + date_mmddyyyy + ',')
                #insert record
                data = {'date':date_mmddyyyy,'time':time_hhmmss,'signal':e_values}
                db = firebase.database()
                #current user e-mail
                email = validateEAd(Main.emailG)
                db.child('users').child(email).child('eegValues').push(data)
                time.sleep(fixed_interval)
            except :
                traceback.print_exc()
                Main.isOkay = 100
                print('Error! Something went wrong.')
                time.sleep(fixed_interval)
thread= threading.Thread(target=uploadEEG)

```

Figura 3. Program Python pentru recepționare semnale și transmiterea lor către Firebase

Valorile calculate specifice atenției și meditației sunt cuprinse între 0 și 100, în timp ce restul valorilor EEG, delta, teta, etc., constituie fluxuri variabile care nu pot fi decodate sub forma lor fizică din domeniul medical (e.g. volți) [7]. Grație acestei biblioteci care oferă funcții speciale pentru preluarea valorilor EEG precum și a intensității semnalului, dezvoltarea programului la nivelul IDE-ului Arduino va fi o sarcină ușor de rezolvat.

Pasul următor este constituit de transmiterea semnalelor EEG către platforma de baze de date Firebase. Python oferă funcționalitatea de a trimite cu ușurință datele către această platformă prin intermediul bibliotecii adiționale, Pyrebase. Mai mult decât atât, acest lucru este posibil și în cadrul unui proiect IoT grație recepționării fluxului de date EEG pe portul serial respectiv (n.a. 9600).

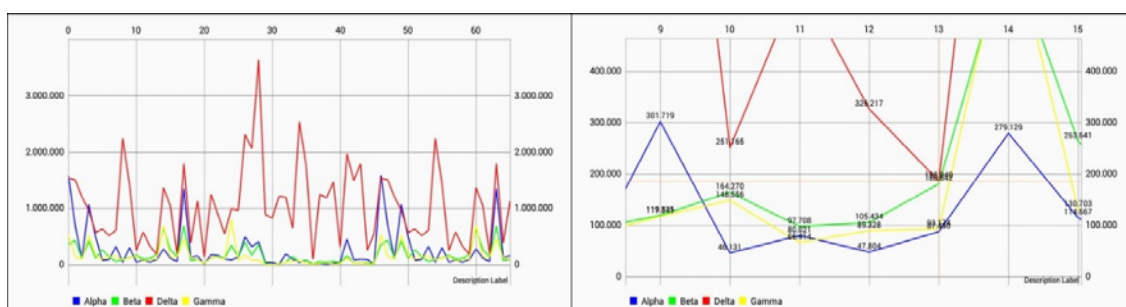


Figura 4. Monitorizare grafică a activității cerebrale în cadrul aplicației e-Brain Control

Principala și cea mai utilizată opțiune din cadrul aplicației e-Brain Control este constituită de posibilitatea de monitorizare a activității neuronale. Acest lucru se realizează prin accesarea opțiunii “Live Graph” din meniul principal și prin procedura anterioară de conectare a dispozitivului cu senzorii EEG. Activitatea electrică de la nivelul sistemului nervos nu este folosită strict pentru control sau pentru concretizarea unor acțiuni în lipsa unui contact fizic. În cadrul sistemului eBrain Control, importantă este monitorizarea acestor înregistrări neuronale și vizualizarea evoluției semnalelor EEG în vederea îmbunătățirii nivelului de concentrare și atenție, întrucât din ce în ce mai multe persoane se confruntă cu deficit sau tulburări de atenție, acestea reprezentând afecțiuni cu atât mai supărătoare cu cât se regăsesc în cazul copiilor.

5. Concluzii

Internetul Lucrurilor este considerat a fi unul dintre principalii facilitatori și declanșatori ai revoluției digitale, un adevărat motor care antrenează industria tehnologică într-un trend ascendent care vizează automatizarea proceselor și diseminarea inteligenței artificiale. Consider că, de departe, cel mai prominent impact al IoT va viza, astfel, domeniul sănătății, spre exemplu prin detectarea facilă și timpurie a anomaliilor corpului uman. Necesitatea dezvoltării și cercetării acestui domeniu a fost și este, cu alte cuvinte, înțeleasă și conștientizată. Studiile de specialitate atestate de compania de consultanță Gartner afirmă faptul că până în anul 2020 vor exista peste 26 de miliarde de device-uri IoT, informații certificate și de experții în domeniu și de utilizatorii Internet avansați care definesc IoT ca fiind “o nouă viziune paradigmatică a secolului al XXI-lea”.

Direcțiile de dezvoltare viitoare au ca punct de pornire țeluri ambițioase precum conectarea populației prin intermediul semnalelor neuronale și chiar programarea creierului uman în vederea eliminării comportamentelor anormale, a ideilor și impresiilor cu caracter autodistructiv. Principalele limitări din cadrul acestei sfere de cercetare țin atât de costurile necesare, cât și de securitate și de protecția intimității și a datelor cu conținut personal.

Dezvoltarea ICM depinde, în continuare, de cele 3 aspecte: proiectarea de soluții

convenabile și stabile, interfețe care să asigure validitatea și diseminarea datelor, precum și soluții care să ofere un real ajutor pentru utilizatorii de pretutindeni, indiferent de nivelul de dezvoltare al țării din care provin. Atât timp cât tot fluxul de date preluate din activitatea neurologică este securizat și folosit strict în beneficiul pacienților, respectându-se normele morale, cercetările în domeniul necunoștinței, a ingineriei medicale bazate pe interfețe creier-computer vor ajunge din ce în ce mai aproape de dezideratul considerat imposibil în momentul actual: posibilitatea de a descifra complexitatea creierului uman, de a decodifica gânduri și de a comunica prin intermediul gândurilor cu diverse dispozitive [16].

BIBLIOGRAFIE

1. **MANN, JASON:** Opportunities and Applications across Industries. The Internet of Things. s.l.: iianalytics.com, 2015.
2. **MANYIKA, JAMES; CHUI, MICHAEL; BISSON, PETER; WOETZEL, JONATHAN; DOBBS, RICHARD; BUGHIN, JACQUES; AHARON, DAN:** Unlocking the potential of the Internet of Things. <http://www.mckinsey.com>. [Interactiv] Iunie 2015. <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world>.
3. **BRAIN-COMPUTER INTERFACE.** Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Brain%E2%80%93computer_interface#Early_work.
4. **POSTELNICU, CEZAR CRISTIAN:** Utilizarea biopotențialelor în interfețele om-mașină pentru aplicații de robotică. Centrul de cercetare : Informatică Industrială Virtuală și Robotică, Școala Doctorală Interdisciplinară. Brașov : Univ. Transilvania Brașov, 2012. p. 62.
5. **PLUMMER, QUINTEN:** The Internet of Medical Things, A New Concept in Healthcare. <http://www.technewsworld.com/story/83654.html>. 2016
6. **JAVOID, MUHAMMAD ADEEL.** Brain-Computer Interface. Institute of Electrical and Electronics Engineers Journal. 5 June 2013, p. 19.

7. **GRABIANOWSKI, ED.** How Brain-computer Interfaces Work. How Tech Stuff Works. <http://computer.howstuffworks.com/brain-computer-interface5.htm>. 2016.
8. **ELECTROENCEFALOGRAFIE:** wikipedia. [Interactiv] <https://ro.wikipedia.org/wiki/Electroencefalografie>.
9. **RAMADAN, RABIE; ELSHAHED, MARWA; ALI, RASHA:** Basics of Brain Computer Interface. [autorul cărții] Aboul Ella Hassanien și Ahmad Taher Azar. Brain-Computer Interfaces. New York: Springer Int. Publ., 2015, p. 416.
10. **DIMITROV, DIMITER V.:** Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare. Healthcare Informatics Research. p. 156, 2016.
11. **HOCHBERG, LEIGH; DONOGHUE, JOHN.** Sensors for brain-computer interfaces. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 2014.
12. ***** INC., NEUROSKY:** Ultimate Guide to EEG. NeuroSky: EEG & ECG Biosensor Solutions. [Interactiv] NeuroSky Incorporate. [Citat: 1 May 2017.] <http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/ultimate-guide-to-eeg/>.
13. **MORETTI, DAVIDE; PATERNICO, DONATA; BINETTI, GIULIANO; ZANETTI, ORAZIO; FRISONI, GIOVANNI:** EEG upper/low alpha frequency power ratio. Frontiers in Aging Neuroscience. [Interactiv] 25 Oct 2013. [Citat: 3 February 2017.] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3807715/>.
14. **IOANID, ANA:** Fundamente multidisciplinare ale neurofeedback – ului. Aspecte biofizice și matematice. București. s.n., 2009.
15. ******* Dealing with noise in EEG recording and data analysis. Repovs, Grega. Ljubljana. Journal of the Slovenian Medical Informatics Association, 2010.
16. **WOLPAW, JONATHAN:** Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice. New York: Oxford University Press, 2012.