

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2021 00015**

(22) Data de depozit: **18/01/2021**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2021 BOPI nr. **9/2021**

(71) Solicitant:
• **LUPU ROBERT, STR.MOARA DE VÂNT,
NR.2A, IAȘI, IS, RO;**
• **CARAIMAN SIMONA, ȘOS.MUNTENI,
NR.28, IAȘI, IS, RO**

(72) Inventatori:
• **LUPU ROBERT GABRIEL,
MOARA DE VÂNT 2A, IAȘI, IS, RO;**

• **CARAIMAN SIMONA, ȘOS.MUNTENI 28,
IAȘI, IS, RO;**
• **MOLDOVEANU ALIN DRAGOȘ BOGDAN,
ALEEA BAIA DE ARIEȘ NR.5, BL.1, SC.3,
AP.39, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(74) Mandatar:
**APPELLO BRANDS S.R.L.,
STR. ȘOIMULUI NR.18, SC.A, ET.5, AP.M6,
SIBIU, SB**

(54) SISTEM MOBIL DE RECUPERARE NEUROMOTORIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem și o metodă de recuperare a pacienților cu deficiențe neuromotorii rezultate din accidente vasculare cerebrale, traume sau operații pe creier. Sistemul, conform invenției, cuprinde un telefon inteligent prevăzut cu o cameră video frontală și una dorsală, niște ochelari de realitate virtuală, care permit expunerea camerei video dorsale a telefonului inteligent atunci când este atașat de ochelari, o aplicație de realitate virtuală și augumentată pentru telefonul inteligent, care implementează un terapeut virtual, un senzor inerțial IMU al telefonului inteligent pentru determinarea poziției unui membru al pacientului, și servicii de cloud computing pentru gestiunea pacienților, a evoluției acestora și a exercițiilor de recuperare.

Revendicări: 5

Figuri: 4

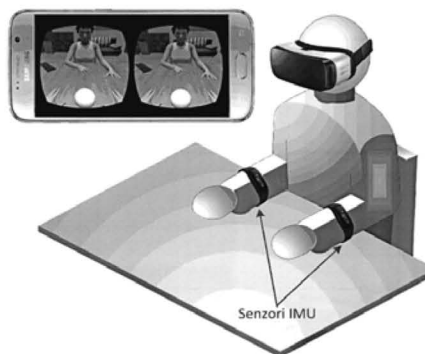


Fig. 2



Sistem mobil de recuperare neuromotorie

Prezenta invenție se referă la un sistem mobil destinat domeniului medical pentru recuperarea neuromotorie în general și post AVC (accident vascular cerebral) în special, pentru membrele superioare și inferioare, sistem care se bazează pe utilizarea unui dispozitiv mobil (smartphone, tabletă), aplicație de realitate virtuală/augmentată, senzori inerțiali și a unei infrastructuri cloud.

În prezent există o abordare asemănătoare pentru fizioterapie (<https://www.reflex.help/#betazone>) dar se adresează recuperării pacienților care nu au probleme neurologice, nu folosește realitatea virtuală/augmentată iar exercițiile nu sunt ghidate de un terapeut virtual.

Documentul **WO2018223163** prezintă un dispozitiv cu o unitate de detecție pentru poziția și locația primului membru al unui utilizator . Dispozitivul are o unitate de detecție pentru poziția și orientarea unui prim membru al unui utilizator și cu o unitate de afișare pentru reprezentarea unui al doilea membru. Pentru a crea spațiul de mișcare pentru cele două membre ale utilizatorului și, în același timp, să fie posibilă o interacțiune între cele două membre și între unul dintre membre și un obiect tridimensional virtual, dispozitivul de afișare este proiectat stereoscopic și are, cu unitatea de detecție, un plan de referință comun ca sistem de referință, pentru afișarea stereoscopică este prevăzut cu un prim generator pentru al doilea membru virtual și cu un al doilea generator pentru un obiect de interacțiune tridimensional și o unitate de detectare a coliziunii pentru emiterea unui semnal la detectarea unei coliziuni între membrul secund virtual și obiectul de interacțiune virtual tridimensional. Brevetul se bazează pe senzori EMG pentru a implementa funcțiile minimale ale mâinii sau pe senzorii disponibili în setul realitate virtuală VR și are posibilitatea de a ajusta gradul de dificultate al exercițiului de recuperare utilizând servicii cloud pentru urmărirea evoluției pacientului de la distanță de către terapeut. Mediul virtual propus se bazează pe reprezentarea abstractă (scheletică/robotică) a mâinii și nu pe o reprezentare cât mai exactă a avatarului pacientului din perspectiva first person view (FPV). De asemenea mediul virtual propus este unul abstract, aplicația concentrându-se mai mult pe partea

de serious gaming neglijând mediul real în care se poate afla un pacient (acasă, spital, parc. etc). Nu există noțiunea de terapeut virtual "human like", -care să vorbească, care să explice fiecare exercițiu, care să țină "spiritul sus" prin motivări și felicitări constante precum un trainer în sala de fitness.

Terapia SaebVR (<https://www.saebo.com/shop/saebovr/>) este o aplicație de realitate virtuală destinată dispozitivelor Xbox și care utilizează senzorul Kinect pentru interacțiunea cu pacientul. Aplicațiile propuse au ca temă activități obișnuite de zi cu zi, se bazează pe recuperarea mobilității scheletului și nu pe cea fină a mâinii și, deși sunt aplicații de realitate virtuală, pacientul nu este imersat în acel mediu.

Problema tehnică propusă de prezenta invenție constă în crearea unei soluții mobile pentru recuperare neuromotorie în special post accidentul vascular cerebral (AVC) cu ajutorul unui sistem și unei aplicații pentru un dispozitiv mobil fixat pe corpul pacientului, care urmărește, măsoară și înregistrează poziția avatarului pacientului .

Această problemă este realizată prin crearea unui sistem mobil pentru recuperare neuromotorie, care constă dintr-o aplicație pentru un dispozitiv mobil ce permite imersarea unui pacient într-un mediu virtual prin intermediul unui display montat pe cap în care este introdus telefonul mobil, imersarea în mediul virtual realizându-se prin intermediul unui avatar, formă humanoidă cât mai reală, customizată pentru aspectul pacientului, iar actualizarea poziției membrilor avatarului pacientului din mediul virtual se realizează pe baza unor senzori inerțiali, iar a mâinii, palmei și degetelor, pe baza camerei video a telefonului cu ajutorul căreia are loc o urmărire a mâinilor folosind camera monoculară.

Avantajele prezentei invenții constau în:

- Aplicația furnizează utilizatorului un mediu virtual/augmentat în care acesta poate efectua activități ghidate și în care poate primi un feedback;
- instrucțiunile pentru efectuarea mișcărilor ghidate sunt furnizate de un terapeut virtual;
- estimarea mișcărilor permite actualizarea poziției membrilor avatarului utilizatorului în mediul virtual;

- se îmbunătățește calitatea recuperării medicale;

Figura 1 - Terapeut in realitate virtuala;

Figura 2 - Pacient folosind sistemul propus pentru recuperarea membrilor superioare;

Figura 3. Pacient exersând îndrumat fiind de terapeutul virtual;

Figura 4. Poziționare senzori IMU.

Invenția se referă la un sistem, metoda și aplicație pentru telefoane mobile de tip smartphone pentru recuperarea pacienților cu deficiențe neuromotorii rezultate din accidente vasculare cerebrale (AVC), traume sau operații pe creier. Sistemul furnizează pacientului un mediu virtual sau augmentat în care acesta este imersat și în care poate efectua activități repetate, ghidate/îndrumate de către un terapeut virtual și în care poate primi un feedback vizual și/sau auditiv.

Sistemul cuprinde un telefon mobil 1 de tip smartphone cu două camere video , una frontală și una dorsală, ochelari de realitate virtuală 2 ce permit expunerea camerei video dorsale a smartphone-ului atunci când este atașat de ochelari, o aplicație de realitate virtuală și augmentată pentru smartphone, un senzor IMU 3 pentru determinarea poziției unui membru al pacientului, servicii de cloud computing pentru gestiunea pacienților, a evoluției acestora și a exercițiilor de recuperare.

Sistemul poate fi folosit pentru recuperarea membrilor superioare (mâini, brațe), a membrilor inferioare, recuperare facială a pacienților.

Sistemul mobil de recuperare neuromotorie conform invenției, furnizează pacientului îndrumare și feedback pentru efectuarea exercițiilor post AVC.

Prezenta invenție recomandă utilizarea unei mese/birou pe care pacientul își va poziționa mâinile. Prin intermediul telefonului mobil 1 și a ochelarilor de realitate virtuală 2, pacientul este imersat într-un mediu virtual. Camera video ce este integrată în telefonul mobil va detecta și urmări mișcarea mâinilor pacientului. Pe baza senzorilor inerțiali ai telefonului 3 se poate determina poziția capului pacientului și a corpului

acestui, astfel încât poziția sa, respectiv a avatarului pacientului este actualizată în mediul virtual.

Odată ce mișcările efectuate de pacient ca răspuns la îndrumările terapeutului virtual sunt capturate, în special mișcările mâinii și a membrelor în general, se actualizează poziția avatarului său. Se determină valorile biometrice cantitative ale pacientului pe baza reconstrucției scheletului mâinii și/sau a membrelor.

Sistemul include și un server/sistem de servere 4 destinate salvării exercițiilor efectuate, comunicării cu terapeutul și procesarea offline a datelor.

Tot ce se întâmplă în mediul virtual sau augmentat, va fi înregistrat și stocat într-o bază de date 5

Datele obținute sunt comparate cu cele prevăzute de exercițiul de recuperare dar adaptate condiției pacientului. Un prim feedback imediat și în timp real este oferit pacientului și include: feedback vizual direct, feedback augmentat, mirror therapy, numeric și bare de evoluție, ghidaj video realizat printr-o desenare a membrului în poziția în care ar trebui să fie, dar și feedback offline, respectiv o analiză în timp a evoluției pacientului.

Sistemul de urmărire/analiză a mișcării folosește senzori wireless 6 purtabili și cameră video 7. Senzorul de mișcare 3 utilizat este IMU (Inertial measurement Unit) ce include: gyroscope, accelerometru, magnetometru, etc.

În cele ce urmează este prezentată metoda de reabilitare neuromotorie, care constă în:

1. Pentru Recuperare mână:

- a. complet paralizată - pacientul lansează în execuție aplicația, selectează exercițiul de recuperare corespunzător, atașează telefonul de ochelarii de realitate virtuală și sub îndrumarea vizuală și auditivă a terapeutului virtual execută exercițiile/jocul serios de recuperare cu mâna sănătoasă. Ambele mâini trebuie să se afle în câmpul vizual al camerei video dorsale a smartphone-ului. Feedback-ul vizual este prezentat pacientului din perspectivă FPV (first person view) prin intermediul avatarului pacientului din mediul virtual. Actualizarea poziției mâinilor avatarului se realizează

analizând fluxul video furnizat de camera video dorsală a smartphone-ului. Pacientul execută exercițiul/jocul serios doar cu mâna sănătoasă însă pacientul vede în mediul virtual în care este imersat că execută exercițiul cu ambele mâini, în oglindă (sistemul actualizează pozițiile ambelor mâini ale avatarului).

- b. potențial restant motor - setup-ul este același ca la punctul 1.a) doar că pacientul trebuie să aibă mâna afectată în câmpul vizual al camerei video dorsale a smartphone-ului. Sistemul urmărește doar mâna afectată în timpul exercițiului/jocului serios iar mișcarea mâinii este augmentată într-un mod natural pentru a o pune și mai bine în evidență în mediul virtual. Gradul de augmentare este stabilit automat de sistem funcție de condiția pacientului (pentru mișcări mici un grad de augmentare mai mare iar pentru mișcări mari un grad de augmentare mai mic, dependența putând fi liniară, pătratică, logaritmică). Exercițiul/jocul serios poate cere utilizarea ambelor mâini, situație în care sistemul urmărește în mod individual mainile iar reprezentarea în mediul virtual este naturală pentru mâna sănătoasă și augmentată pentru mâna afectată.
- c. mână recuperată - setup-ul este același ca la punctul a) cu precizarea că sistemul urmărește independent mâinile iar reprezentarea în mediul virtual este naturală. Scopul exercițiului de recuperare/jocului serios fiind acela de fixare prin repetare. Pacientul are opțiunea de efectuarea a exercițiilor de recuperare și într-un mediu de realitate augmentată situație în care sistemul îi prezintă pacientului mediul ambiant peste care suprapune elemente din mediul virtual. Sistemul urmărește în continuare mâinile pacientului cu scopul de a detecta interacțiuni între mâini și elementele augmentate.

2. Recuperare membru superior (braț, antebraț)

- a. complet paralizat - pacientul lansează în execuție aplicația, selectează exercițiul de recuperare corespunzător, atașează telefonul de ochelarii de realitate virtuală și sub îndrumarea vizuală și auditivă a terapeutului virtual

execută exercițiile/jocul serios de recuperare cu brațul sănătos. Pe mâna sănătoasă este atașat un senzor IMU cu scopul de a determina poziția brațului pacientului. Pentru calibrarea poziției brațelor, mâinile trebuie să se afle în câmpul vizual al camerei video dorsale a smartphone-ului. Calibrarea se poate realiza și pornind de la o poziție fixă indicată de către terapeutul virtual. Feedback-ul vizual este prezentat pacientului din perspectivă FPV (first person view) prin intermediul avatarului pacientului din mediul virtual. Actualizarea poziției brațelor avatarului se realizează pe baza informațiilor furnizate de senzorul IMU atașat brațului sănătos. Pacientul execută exercițiul/jocul serios doar cu brațul sănătos însă pacientul vede în mediul virtual în care este imersat că execută exercițiul cu ambele brațe, în oglindă (sistemul actualizează pozițiile ambelor brațe ale avatarului).

- b. potențial restant motor - setup-ul este același ca la punctul 2.a) doar că pacientul trebuie să aibă senzorul IMU atașat de mâna afectată. Pentru calibrarea poziției brațului, pacientul trebuie să aducă mâna în câmpul vizual al camerei video dorsale a smartphone-ului. Calibrarea se poate realiza și pornind de la o poziție fixă indicată de către terapeutul virtual. Sistemul urmărește doar brațul afectată în timpul exercițiului/jocului serios iar mișcarea brațului este augmentată într-un mod natural pentru a o pune și mai bine în evidență în mediul virtual. Gradul de augmentare este stabilit automat de sistem funcție de condiția pacientului (pentru mișcări mici un grad de augmentare mai mare iar pentru mișcări mari un grad de augmentare mai mic, dependența putând fi liniară, pătratică, logaritmică). Exercițiul/jocul serios poate cere utilizarea ambelor brațe, situație în care sistemul urmărește în mod individual brațele iar reprezentarea este naturală pentru cel sănătos și augmentată pentru cel afectat. Acest exercițiu presupune utilizarea a doi senzori IMU atașați brațului sănătos și afectat.

- c. braț recuperat - setup-ul este același ca la punctul 2.a) cu precizarea că sistemul urmărește independent brațele iar reprezentarea în mediul virtual este naturală. Scopul exercițiului de recuperare/jocului serios fiind acela de fixare prin repetare. Pacientul are opțiunea de efectuarea a exercițiilor de recuperare și într-un mediu de realitate augmentată situație în care sistemul îi prezintă pacientului mediul ambiant peste care suprapune elemente din mediul virtual. Sistemul urmărește în continuare brațele pacientului cu scopul de a detecta interacțiuni între mâini/brațe și elementele augmentate. Acest mod presupune utilizarea a doi senzori IMU atașați brațului sănătos și afectat.

Pe același principiu se poate realiza recuperarea membrului inferior sau recuperare facială.

Rolul terapeutului virtual

- Exercițiul de recuperare/jocul serios poate fi "cerut" de către pacient terapeutului virtual sau sugerat de terapeutul virtual pe baza analizei evoluției pacientului;
- Controlul aplicației de realitate virtuală/augmentată în timpul exercițiilor de recuperare se realizează doar verbal doar prin intermediul terapeutului virtual;
- Îndrumare, ghidare, corectare, feedback;
- Personal trainer.

Feedback vizual:

- reprezentare naturală mișcării a membrului din perspectivă FPV;
- reprezentare augmentată a mișcării membrului;
- reprezentare transparentă a membrului efectuând mișcarea respectivă, pacientul trebuind să suprapună membrul avatarului peste membrul transparent;
- abstract (bară de progres, numeric, procent din exercițiul efectuat (valori biomecanice, viteza de mișcare);
- urmărire simplă sau comparativă a exercițiului efectuat (la final de exercițiu);
- feedback-ul ține cont de condiția pacientului și gradul de dificultate al exercițiului
- evoluție în timp a recuperării.

Feedback audio:

- beep de start mișcare;
- beep atunci când exercițiul a fost efectuat corect;
- Terapeutul:
 - o oferă indicații despre exercițiu;
 - o felicită pentru efectuarea exercițiului;
 - o oferă informații despre cum a fost efectuat exercițiul;
 - o impulsionează efectuarea exercițiilor;
 - o motivează.

Servicii cloud

- stocare exerciții efectuate;
- analiză offline a exercițiilor efectuate - performanța, evoluție;
- gestiune pacienți, terapeuți, bibliotecă exerciții/jocuri serioase;
- urmărire pacient de către terapeutul de care aparține cu posibilitatea de configurare grad de dificultate exerciții, recomandare alte exerciții, mesaje (vor fi citite de terapeutul virtual pacientului).

Evaluarea condiției/stării pacientului este efectuată aplicând unul din testele standard (Fugl-Meyer etc).

REVENDICĂRI

1. Sistem pentru recuperarea pacienților cu deficiențe neuromotorii rezultate din accidente vasculare cerebrale (AVC), traume sau operații pe creier, **caracterizat prin aceea că** el cuprinde un telefon mobil (1) de tip smartphone cu camere video frontală și dorsală, ochelari de realitate virtuală (2) ce permit expunerea camerei video dorsale a smartphone-ului atunci când este atașat de ochelari, aplicație de realitate virtuală și augmentată pentru smartphone, senzor IMU (3) pentru determinarea poziției unui membru al pacientului, servicii de cloud computing pentru gestiunea pacienților, a evoluției acestora și a exercițiilor de recuperare.
2. Sistem pentru recuperare pacienți cu deficiențe neuromotorii conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** include și un server/sistem de servere (4) destinate salvării exercițiilor efectuate, comunicării cu terapeutul, procesarea offline a datelor.
3. Sistem pentru recuperare pacienți cu deficiențe neuromotorii conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** sistemul folosește senzori wireless (5) purtabili și cameră video (6).
4. Sistem conform revendicărilor de la 1 la 3, **caracterizat prin aceea că** senzorul de mișcare (3) IMU (Inertial measurement Unit) include: gyroscope, accelerometru, magnetometru;
5. Metoda de recuperare a pacienților cu deficiențe neuromotorii **caracterizată prin aceea că** sunt parcurse următoarele etape :
 - se selectează exercițiul de recuperare
 - sub îndrumarea vizuală și auditivă a terapeutului virtual se execut exercițiile de recuperare cu membrul sănătos.
 - mișcarea membrului este augmentată în mod natural pentru a fi pusă în evidență în mediul virtual.
 - se analizează fluxul video furnizat de camera video dorsală și se actualizează poziția membrului avatarului pe baza senzorilor inerțiali ai telefonului.
 - se execută exercițiul.

- se determină valorile biomecanice cantitative ale pacientului pe baza reconstrucției scheletului mâinii și/sau membrelor.
- se analizează offline exercițiul efectuat din punct de vedere al performanței și evoluției.
- evaluarea condiției /stării pacientului prin aplicarea unui test standard (Fuql-Meyer).

Figura 1 - Terapeut in realitate virtuala



Figura 2 - Pacient folosind sistemul propus pentru recuperarea membrelor superioare

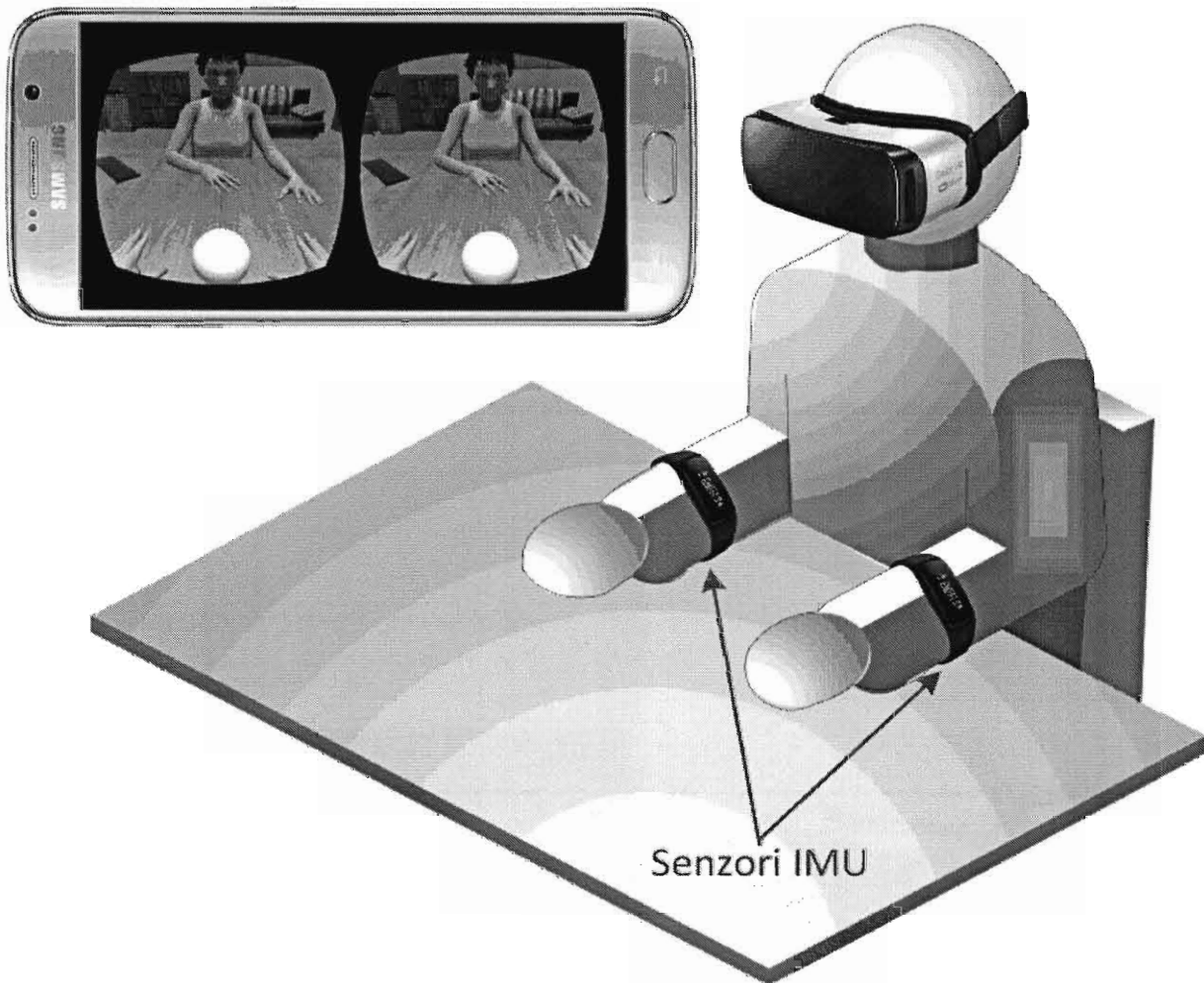


Figura 3. Pacient exersand îndrumat fiind de terapeutul virtual.

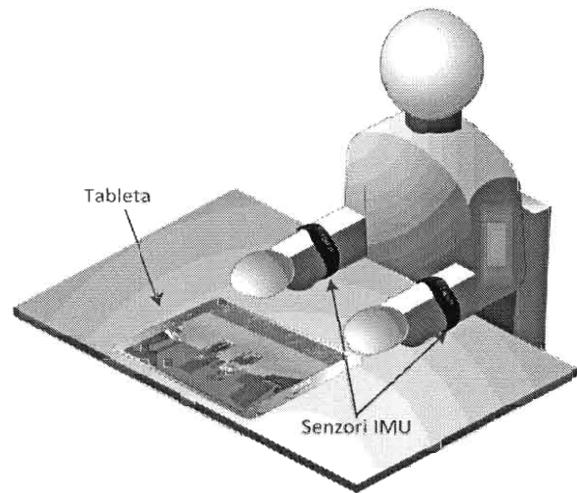
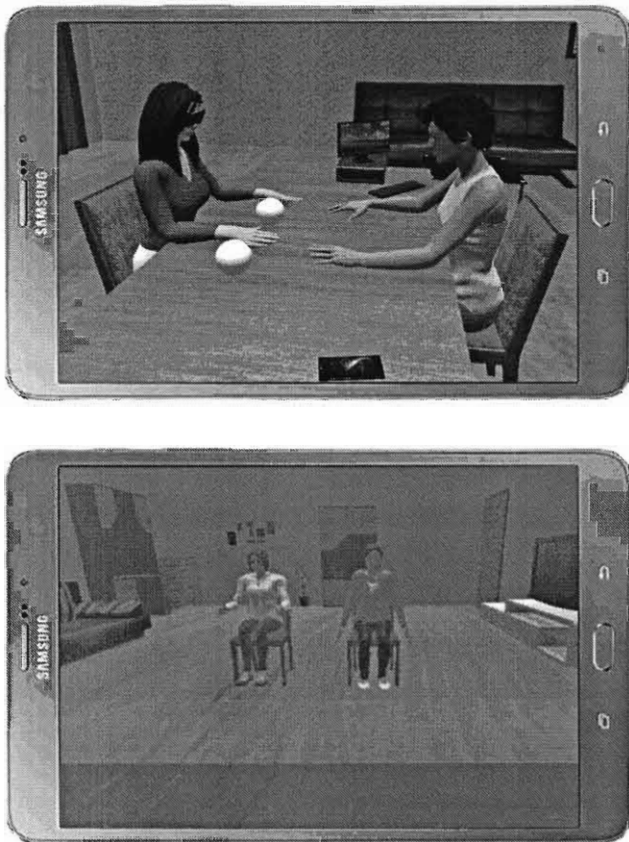


Figura 4 Poziționare senzori IMU

