

ÎMBUNĂTĂȚIREA PROTEZELOR DE MÂNĂ PRINTATE 3D PRIN INTEGRARE DE SENZORI

3D PRINTED HAND ENHANCEMENT BY USING SENSORS

MINCU Andra Cătălina

Conducător științific: **Prof. Dr. Ing. Diana POPESCU**

SUMMARY: The purpose of this study is to create a force feedback system for a 3D printed hand. These prostheses are highly recommended for children because it is cheap, easy to assemble, and if any part of the prosthesis gets damaged, its replacement is easy and inexpensive. Currently, those using this type of 3D prostheses do not receive feedback related to the applied force, this leading to difficulties in objects manipulation. This is the principal cause of children refusing to wear the prosthesis. Therefore, the study is focused on creating a force feedback system containing accessible components, as cheap as possible and using recycled materials.

KEYWORDS: force feedback system, 3D print, prosthesis.

1. Introducere

Se estimează că în lume trăiesc peste 3 milioane de persoane care au suferit amputații la nivelul mâinii. În prezent majoritatea protezelor de mână existente, open-source, nu oferă un control eficient asupra mișcării degetelor și niciun fel de feedback senzorial, ceea ce înseamnă că persoanele care folosesc proteza trebuie să se bazeze doar pe feedback vizual și să acorde o atenție deosebită la manipularea obiectelor chiar și pentru sarcini de rutină. Acest lucru face ca mâna protetică să se simtă ciudat, nefiresc, iar utilizarea ei să conducă la distrugerea unor obiecte și, ca o consecință, la refuzul persoanei de a mai utiliza dispozitivul protetic.

2. Stadiul actual

2.1 Necesitatea studiului

Când vine vorba de copii, și aici ne referim la acei copii care utilizează o proteză, adaptarea cu proteza și învățarea utilizării ei în sarcinile zilnice poate fi destul de grea, și de cele mai multe ori aceștia pot renunța să o mai folosească dacă o simt inconfortabilă sau dacă nu este estetică. Este important ca un copil care are o malformație la nivelul mâinii sau a suferit un proces de amputare, să învețe să utilizeze o proteză încă de la cea mai mică vârstă, astfel încât proteza să devină o rutină în viața sa. Din păcate însă, nu toți părinții își pot permite achiziționarea unei proteze, iar cei care își permit nu ajung de fiecare dată să le schimbe regulat, așa cum este recomandat, într-un interval cuprins între jumătate de an sau un an, în funcție de nevoile copilului.

2.2 Studiul pieței protezelor de mână

În prezent pe piață există proteze care variază de la aspect, preț, funcționalități, până la sarcinile și activitățile pe care le poate realiza o anumită persoană cu ajutorul acestora.

Pe piață există mai multe modele de proteze medicale, astfel încât pacienții au de ales dintr-o gamă largă de proteze care pot fi estetice, mecanice, electrice, toate adaptate în funcție de nevoile și de posibilitățile fiecăruia [1].

Realizarea unei proteze de mână pentru copii presupune provocări exigente față de realizarea unei proteze de mână pentru adulți deoarece copiii sunt în continuă creștere și necesită schimbarea protezei odată cu dezvoltarea lor fizică. Deseori părinții nu își permit să achiziționeze o astfel de proteză, iar de cele mai multe ori cei care reușesc să achiziționeze una, nu își permit să o înlocuiască regulat.

Copiii cresc foarte repede și o dată cu creșterea lor, bontul își modifică și el dimensiunea. Astfel, dacă acesta poartă proteză, ea trebuie schimbată într-un interval care poate fi cuprins între jumătate de an și un an, în funcție de nevoile copilului. Aceasta înseamnă prezentarea la un specialist, luarea de noi măsurători, alegerea unor noi materiale, și de asemenea, copilul trebuie să se obișnuiască și să învețe să controleze noua proteza. Toate acestea înseamnă cheltuieli suplimentare și timp pierdut.

În urma studiului de piață realizat, s-a concluzionat că protezele realizate prin procesul de fabricație aditivă sunt ușor de obținut, ieftine, ceea ce permite schimbarea lor regulat într-un timp scurt și cu un cost de producție ieftin.



Fig. 1 Proteză de mână realizată prin procedul de extrudare de material după un model E-nable

2.3 Îmbunătățirea controlului asupra protezei prin integrarea capacităților senzoriale

În procesul de îndeplinire a rolului funcțional, mâna are nevoie de confirmarea realizării sarcinii. Este necesar să se știe forța de strângere aplicată de mână la prinderea unui obiect, acest lucru fiind posibil în mod normal prin intermediul terminațiilor nervoase de la nivelul pielii. Datorită acestora oamenii primesc răspunsuri (feedback) tactil și de forță atunci când au loc activități de prindere sau de ridicare al unui obiect, permițându-le să determine diverse proprietăți ale obiectului (formă, greutate, textură etc.) și facilitând manipularea obiectului.

În contextul lipsei acestor răspunsuri la o persoană care poartă un dispozitiv de protezare, manipularea obiectelor devine un proces destul de dificil care impune învățarea utilizării altor simțuri în vederea determinării forței de strângere, a confirmării contactului, a temperaturii etc.

În prezent, cercetătorii lucrează la găsirea și implementarea unor metode de creare a feedback-ului pentru protezele de mână. Majoritatea sistemelor de feedback utilizează diferite tipuri de senzori de forță dispuși la nivelul mâinii protetice, iar acești senzori împreună cu diverse tipuri de metode, transmit informația tactilă către creier.

Dacă în trecut, sigurele proteze recomandate pentru copii erau cele estetice, în prezent tot mai mulți cercetători încearcă să introducă în viața de zi cu zi a copiilor, protezele mioelectrice. Tot mai multe studii sunt dedicate introducerii acestor tipuri de proteze de la o vârstă cât mai mică, pentru că este important ca utilizarea protezelor să devină o rutină în viața de zi cu zi a copiilor [2].

3. Materiale și metodă

Pentru realizarea unui sistem de feedback pentru protezele de mână printate 3D, în acest studiu s-a avut în vedere utilizarea unor componente cât mai ieftine, componente reciclabile, în așa fel încât toată lumea să și le poată permite.

Realizarea protezei prin procesul de fabricație aditivă (extrudare de filament de material) se dovedește a fi cea mai ieftină metodă de realizarea a unui dispozitiv de înlocuire a membrului superior, comparativ cu ce există în momentul actual pe piața din România. Inclusiv înlocuirea părților componente ale protezei care s-au uzat sau s-au deteriorat, reprezintă un proces ieftin, rapid și ușor.

Cu toate că protezele realizate prin procesul de printare 3D sunt actualmente la îndemâna oricui, acestea, împreună cu majoritatea tipurilor de proteze existente pe piață (proteză mecanică, mioelectrică, estetică etc.), nu dispun de un sistem de feedback. Astfel utilizarea lor devine dificilă deoarece pe lângă faptul că persoana trebuie să învețe (printr-un proces de tip încercare-eroare) să utilizeze proteza, aceasta trebuie să utilizeze și alte simțuri.

Scopul acestui studiu constă în implementarea unui sistem de feedback la nivelul unei proteze care să îi facă utilizarea mai ușoară, să nu necesite costuri mari, să nu crească greutatea și să fie estetică.

Terminațiile nervoase împreună cu receptorii de la nivelul mâinii joacă un rol important în protecția față de diverse pericole și ajută la manipularea cu o mai mare ușurință a diverselor obiecte. Persoanele care utilizează o proteză nu dispun de astfel de terminații nervoase, de aceea scopul acestei lucrări este acela de a realiza un sistem de feedback prin intermediul căruia se poate transforma informația de tip tactil (forța de strângere/ forța de apucare) într-un alt tip de informație care poate fi procesată de creier.

Tipuri de feedback:

- Auditiv
- Vizual
- Tactil:
 - presiune
 - temperatură (variații de temperatură)
 - vibrații

Întreg sistemul de feedback este alcătuit din trei părți componente:

1. Prima componentă o reprezintă partea de achiziție de informații care presupune integrarea de senzori prin intermediul cărora se preia informația legată de prindere/apucare;
2. A doua componentă o reprezintă partea de comandă și control (unitate centrală) care are rolul de a prelua informația de la senzor și de a o transfera mai departe, iar pe baza acestor informații să ia anumite decizii și să transmită aceste decizii către următorul sistem;
3. A treia componentă este reprezentată de un efector căruia i se dă o comandă sau care este controlat/comandat de sistemul de comandă și control, și care are capacitatea de a transmite informația către creier prin intermediul unui stimul care poate fi vizual, auditiv sau tactil.

3.1 Sistemul de achiziție de date

În acest studiu, s-a ales un sistem de achiziție de date dat de un senzor de măsurare a forței (Interlink FSR-408), care poate fi observat în Fig.2, și care are aspectul de panglică. Acest senzor permite măsurarea forței aplicate la nivelul zonei de detectare, iar această zonă este de (15,33 x 609,6) milimetri. Specificațiile sale tehnice sunt următoarele: lungime: 609,6 mm; lățime: 15,33 mm; grosime: 0,57 mm; greutate: 5,03 g

Acest tip de senzor este în esență un rezistor electric care își variază rezistența (în ohmi Ω) în funcție de forța dezvoltată asupra zonei senzitive a senzorului.



Fig. 2 Senzor de forță FSR-408 [3]

3.1.1 Modalitatea de măsurare a forței/ presiunii:

Așa cum s-a menționat anterior, senzorul se comportă ca un rezistor care își variază rezistența în funcție de forța aplicată asupra zonei senzitive a senzorului. În graficul de mai jos putem observa că pe măsură ce presiunea crește, rezistența scade.

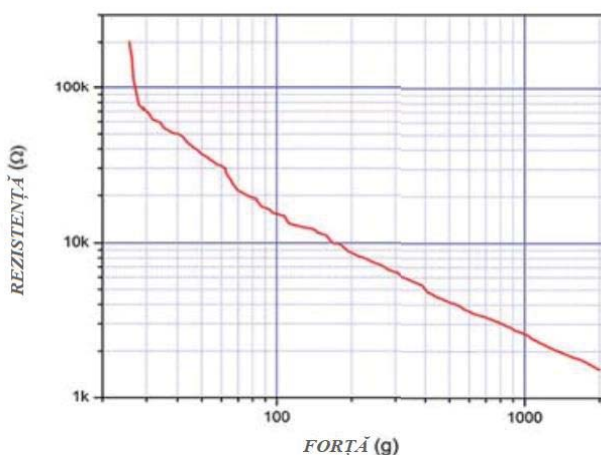


Fig. 3. Comportamentul rezistorului la aplicarea unei forțe [4]

3.1.2 Testarea senzorului de forță

Cea mai ușoară metodă testare a modului în care funcționează senzorul de măsurare a forței constă în conectarea celor două fișe ale multimetrului la cele două bornele ale senzorului. În funcție de forța care este aplicată pe zona senzitivă a senzorului se poate observa pe ecranul multimetrului cum rezistența variază. Cu cât forța de aplicare este mai mare cu atât rezistența scade mai mult. În Fig. 4 se poate observa modul în care variază rezistența senzorului în funcție de forța care este exercitată asupra acestuia, utilizând un multimetru. Figura 5 prezintă atașarea provizorie a senzorului de măsurare a forței pe un deget al unei protezei pentru a vedea ce

ÎMBUNĂTĂȚIREA PROTEZELOR DE MÂNĂ PRINTATE 3D PRIN INTEGRARE DE SENZORI

valori înregistrează multimetrul în funcție de presiunea la care este supusă zona sensibilă a sensorului. Sensorul bandă este amplasat pe degetul protezei și asupra lui se acționează cu un obiect. La contactul dintre obiect și sensorul, rezistența electrică a variat, acest lucru poate fi observat pe ecranul multimetrului.

În Fig. 6 poate fi observat faptul că asupra degetului (și automat asupra sensorului de forță) este aplicată o presiune mult mai mare în încercarea de a prinde cat mai bine obiectul, iar pe ecranul multimetrului se poate observa cum rezistența a variat mult comparativ cu cea din Fig. 5.

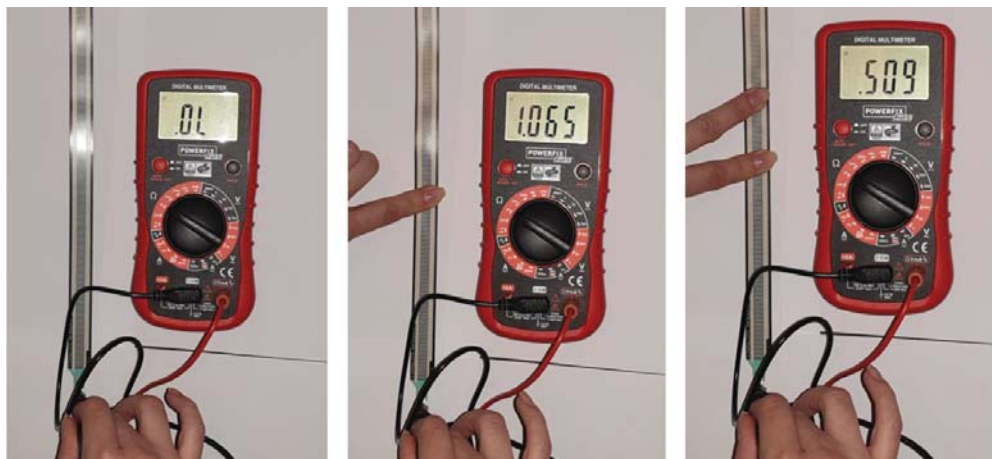


Fig. 4 Variația rezistenței electrice a sensorului față de forța aplicată

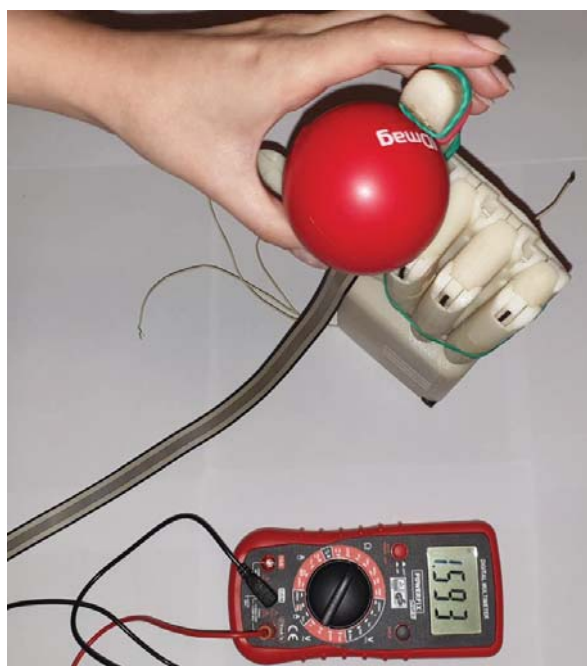


Fig. 5 Variația rezistenței electrice a sensorului la contactul cu un obiect

Pentru a continua studiul este necesară aplicarea de senzori care măsoară forța pe toate degetele protezei. Acest lucru poate fi posibil prin tăierea sensorului de forță care are o lungime ce permite acest lucru (609,6 mm) și distribuirea senzorilor pe fiecare deget în parte. Această metodă este una relativ ușoară, dar în același timp este și ieftină, pentru că putem utiliza astfel un sensor pentru toate degetele protezei.

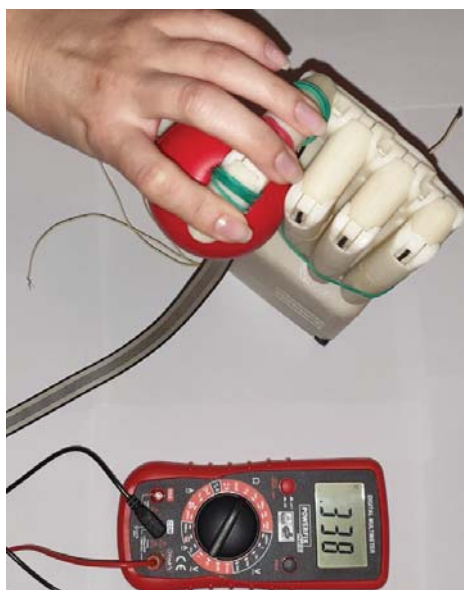


Fig. 6 Variația rezistenței electrice a senzorului în încercarea de a prinde un obiect

4. Concluzii și direcții de continuare a studiului

Scopul acestui studiu a fost acela de realiza și testa un sistem de feedback pentru protezele printate 3D. Condițiile care trebuie îndeplinite de un astfel de sistem sunt legate de ușoara adaptare la protezele existente, prețul scăzut, greutatea suplimentară scăzută și menținerea unui aspect estetic.

În continuare, pentru a duce la bun succes sistemul de feedback, primul pas care trebuie luat în considerare este referitor la modalitatea de prindere a senzorilor pe degetele protezei. Acest pas este foarte important pentru că este posibil ca senzorul bandă să pună în dificultate buna funcționare a degetelor protezei. În același timp trebuie luat în calcul și ca modalitatea de prindere a senzorilor să nu afecteze datele (valorile) pe care aceștia le transmit. După găsirea celei mai bune modalități de atașare a senzorilor, următorul pas va fi realizarea de teste și scrierea unui program care achiziționează datele pe care senzorii le transmit (această parte necesită programare arduino și reprezintă a doua componentă a întregului sistem de feedback și anume partea de comandă și control). Pe baza datelor primite de la senzori, partea de comandă și control ia anumite decizii și o transmite către următoare componentă, efectorul. Efectorul are rolul de a transmite informația către creier prin intermediul unui stimul, și astfel în cadrul aceste etape trebuie găsit cel mai potrivit stimul care să realizeze transferul de informații, fie că este un stimul vizual, auditiv sau tactil.

5. Bibliografie

- [1]. Moreo, M. (2016), Parametric design of a 3D printable hand prosthesis for children in developing countries, Teză de master, Universitatea Tehnică din Delft
- [2]. Burn, M.B. et al. (2016), Three-dimensional printing of prosthetic hand for children, Journal of Hand Surgery, 41(5):e103-9
- [3]. <https://www.adafruit.com/product/1071>
- [4]. https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/FSR400Series_PD.pdf