



Erasmus+ záró beszámoló

Rácz Kristóf

Pattantyús-Ábrahám Géza Gépészeti Tudományok Doktori Iskola

Technion – Israel Institute of Technology

2022. március 16. – 2022. július 31.

Doktori képzésem részeként a 2021-2022/II. szemeszterben az izraeli Technion egyetemen töltöttem 4,5 hónapot Erasmus+ kutatási csereprogram keretében. Fogadó tanárom Prof. Alon Wolf¹, a Biorobotika és Biomechanika Laboratórium vezetője volt. A kutatási projektem témája egy robotikus kézprotézis lábgesztusokkal történő vezérése volt.

A robotikus kézprotézisek lehetővé teszik, hogy a sérült vagy hiányzó kézzel rendelkező személyek teljesebb mindennapi életet éljenek. A piaci forgalomban kapható protézisek gyors ütemben fejlődnek, azonban áruk még jóval meghaladja az átlagember által elérhető kategóriát, illetve megbízhatóságuk sok esetben kezdetleges. A fogadó BRML labor és a Haifa3D vállalkozás közösen egy nyílt forráskódú alternatívát fejlesztett ki, melynek célja, hogy bárki számára hozzáférhető legyen ez a technológia. Az Oded hand² nevű protézis széleskörűen elérhető és olcsó (pl. AliExpress) elektronikai eszközökből (szervomotor, mikrokontroller, akkumulátor) és 3D nyomtatható alkatrészekből, alapszintű technikai tudással megépíthető robotikus kézprotézis. Vezérése az ingyenesen elérhető mobilalkalmazáson keresztül, vagy a protézisen található nyomógombokkal történik. Ezek hátránya, hogy mindenképp szükséges hozzá a másik kéz használata.

A kereskedelmi forgalomban kapható protézisek szinte mindegyike EMG technológián alapul: a kéz vezérése a kézcsontokban található izmok elektromos aktivitásának mérésével és feldolgozásával történik. Egyes személyeknél azonban ezen izmok használata diszkomfortot, fantomfájdalmat eredményez, így számukra ez a vezérlési mód nem alkalmazható. A kutatási projekt célja egy olyan vezérlési mód prototípusának kidolgozása volt, amely segítségével egy Oded hand vezérelhető a másik kéz vagy a csont izmainak használata nélkül, a protézishez hasonlóan olcsó, könnyen elérhető alkatrészek használatával. A választás lábgesztusok használatára esett, amelyek detektálása egy IMU (Inertial Measurement Unit – Gyorsulásmérő és Giroszkóp) és gépi tanulás segítségével történik.

A projekt négy fő szakaszból állt. Az első szakasz feladata a használt hardveres konfiguráció kidolgozása volt. Saját fejlesztésű elektronika helyett egy Arduino Nano 33 IoT használatára esett a választás, amely egy kompakt csomagban tartalmazza a projekthez szükséges mindhárom komponenst: egy IMU-t a mozgás méréséhez, Bluetooth Low Energy képességet a protézissel való kommunikációhoz és a gesztusfelismeréshez elegendő számítási kapacitást. Az első szakasz további feladata volt egy rögzítési módszer kidolgozása, amely segítségével az Arduino biztosan rögzíthető a felhasználó cipőjéhez. Ez egy kétrészes tokozás modellezésével és 3D nyomtatásával valósult meg, a kész konfiguráció alább látható. A cipőre rögzíthető rész és az Arduino tokozata különálló, ezek egymáshoz egy oldható bepattanó kötéssel csatlakoznak, így a vezérlő könnyen használható több különböző cipővel.

A második szakasz feladata az adatgyűjtés. A vezérléshez használt gesztusokról tanítómintákat kellett gyűjteni a klasszifikációs algoritmus tanításához. Ehhez először egy PC-n futó kliens szükséges, amely képes az IMU adatokat valós időben fogadni és gyűjteni. A soros kommunikáció ehhez túl lassúnak bizonyult, így ez egy aszinkron Bluetooth könyvtár segítségével történt Python nyelv használatával. Az adatgyűjtés során 4 különböző személyen végeztem méréseket, minden személy esetében mind a használni kívánt gesztusokról (dupla koppintás a láb elejével; sarok gyors kifordítása jobbra; sarok gyors befordítása balra), mind véletlenszerű, mindennapi mozgásokról gyűjtve mintákat.

¹ <https://www.researchgate.net/profile/Alon-Wolf>

² <https://github.com/Haifa3D/hand-mechanical-design>



A harmadik szakasz a begyűjtött felvételek szegmentálása, felcímkézése és a gépi tanulás számára megfelelő bemeneti formára hozásával kezdődött, majd az így kapott tanítóminták segítségével a klasszifikációs modell betanításával folytatódott. A vezérlés szempontjából fontos, hogy a klasszifikáció a megfelelő érzékenységgel rendelkezzen. Ideális esetben minden lábgesztust felismer, és semmit nem tekint gesztusnak a mindennapi mozgás során, azonban ennek elérése a valóságban valószínűtlen. A protézis vezérlése szempontjából a kevésbé érzékeny felismerés ideálisabb: inkább többször kelljen egy gesztust megkísérelni egy bögre kávé megfogásához, minthogy véletlenszerűen elengedje a kar a forró csésze kávé, mert gesztust érzékelt a normál mozgásban. Ez az érzékenység jól változtatható a gesztusokhoz és a normál mozgáshoz tartozó tanítóminták arányával. Minél több a mindennapi mozgás tanítómintája, annál kevésbé valószínű, hogy azt hibásan gesztusnak ítéli a modell (cserébe a tényleges gesztusokat is nagyobb eséllyel klasszifikálja semleges mozgásnak).

A kutatás utolsó szakasza a működő klasszifikációs modell konvertálása C nyelvre, és implementálása az Arduino mikrovezérlőn, a kéz vezérléséhez szükséges egyéb funkciókkal együtt. A projekt végén a lábgesztusok segítségével megfelelően vezérelhető volt a protézis három különböző fogásmintája. A projekt lezárásához egy dokumentáció készült, amely alapján egy következő személy a prototípus fejlesztését, optimalizálását folytatni tudja, azt a prototípus stádiumból egy kész, felhasználóknak adható terméké fejlesztheti.

A többi cserediákkal kialakított közösségnek köszönhetően nem csak szakmai, de jelentős személyes fejlődésre is lehetőségem volt. A nemzetközi környezet mind a mindennapos angol nyelvű kommunikáció, mind a csapatmunka és emberi kapcsolatok terén felbecsülhetetlen értékű tapasztalatot jelentett.

Budapest, 2022 augusztus 08.

Rác Kristóf
PhD hallgató