

# Gesztuskesztyű alkalmazása az ember és gép közötti kollaborációban

Tóth Szabolcs, Kovács László

MTA SZTAKI, Elosztott Rendszerek Osztály

[szabolcs.toth@sztaki.mta.hu](mailto:szabolcs.toth@sztaki.mta.hu), [laszlo.kovacs@sztaki.mta.hu](mailto:laszlo.kovacs@sztaki.mta.hu)

## Kivonat

*Napjaink gyáraiban a robotok plexifallal, érzékelőkkel elválasztott térben, az emberektől elkülönítve működnek. A SYMBIO-TIC EU projekt célja, hogy ez megváltozzon, ember és robot egy térben, a munkát megosztva közösen dolgozhasson. A hatékony ember-robot kollaboráció nagymértékű teljesítménynövekedést eredményez, ennek érdekében azonban fontos a munkafolyamatok körültekintő megtervezése, valamint az ember és gép közötti megfelelő kommunikáció kialakítása. A robotnak minden esetben „látnia”, érzékelnie kell a munkást, hogy a véletlen ütközést el tudja kerülni, valamint fogadnia és értelmeznie kell a munkás által kiadott utasításokat és jelzéseket. Ez a parancsküldés történhet valamilyen interfészen keresztül, szövegesen, hanggal, avagy gesztus-vezérléssel. A gesztusvezérlés megvalósítására használhatunk vizuális, vagy másfajta közvetlen érzékelőket. Az általunk fejlesztett eszköz egy inerciális érzékelőkkel ellátott kesztyű, ami képes a kéz gesztusait felismerni és azokat a gép számára értelmezhető parancsokká alakítani. A kesztyű 12 szenzort tartalmaz: ujjanként kettőt, valamint a kézfejen és a csuklón is egyet - egyet. A szenzorok a saját abszolút orientációjukat mérik, amikből a kesztyű egy kézmodellt állít elő a kézfejről, a pillanatnyi értékek alapján pedig a rendszer parancsokat rendel az egyes gesztus-reprezentációkhoz. A vizuális érzékelőkkel szemben a gesztuskesztyű használatakor nem számítanak a fényviszonyok és takarásban is használható. Kiválóan alkalmazható zajos környezetben is, ahol a hangvezérlés nem lehetséges, valamint nincs szükség az irányítandó berendezéssel közvetlen fizikai kontaktusra, vagy közelségre. Mobil, gyors, természetes és könnyen tanulható. Nem csak a robotvezérlésben, de más alkalmazás során is kényelmes és hatékony eszköze lehet az ember és gép között zajló kommunikációnak.*

## Ember és robot közötti kollaboráció

Jelenleg a gyárakban használt nagyobb ipari robotok, melyek veszélyeztetnék az emberek testi épségét, jól elkülönített térben helyezkednek el a véletlen balesetek elkerülése érdekében. Sok esetben üveg- vagy plexifal választja el a robot és az ember munkaterét. Ha nem fizikai fal véd, akkor szenzorok kerülnek elhelyezésre és amint ember kerül a robot aktív munkaterébe, a robot azonnal leáll. A robot munkaterülete így mindig el van határolva, vagy fizikailag vagy virtuálisan, ami azt eredményezi, hogy a robot és az ember által elvégzendő feladatok erősen elkülönülnek.

Ha lebontanánk ezt a “falat” és lehetőséget biztosítanánk a közös munkavégzésre egymás közvetlen támogatásával, azzal nagymértékben növelhetnénk a gyártási teljesítményt. Ezt a célt tűzte maga elé a SYMBIO-TIC nevű EU projekt, melyet egy 15 partnerből álló konzorcium valósít meg. A partnerek között vannak kutatóintézetek, egyetemek és ipari vállalatok (pl. autó- és repülőgépgyár) Svédországból, Görögországból, Ausztriából, Finnországból, Németországból, Spanyolországból és Magyarországról.

Az ember és robot közötti hatékony együttműködés alappillérei: az ütközés elkerülése a munkás testi épségének védelmében, a munkafolyamatok adaptív tervezése, a rendszer dinamikus változásokhoz való alkalmazkodása képessége, valamint a munkás kiszolgálása, instrukciókkal való ellátása, a rendszerrel való multimodális kommunikáció biztosítása.

Ahhoz, hogy a véletlen ütközést ember és robot között el tudjuk kerülni, a robotnak minden pillanatban tisztában kell lennie a munkás fizikai helyzetével és a közvetlen érintkezés valószínűségétől függően tudnia kell változtatni a sebességét. Ahhoz, hogy mindig ismerjük a munkás helyét, optikai érzékelőket, kamerákat alkalmazunk, melyeket úgy kell elhelyezni, hogy a munkaterület egészét lássák és a munkás mindig a kamera látóterében maradjon. A kollaboráció során elengedhetetlen a munkafolyamatok körültekintő megtervezése is, hogy amennyiben lehetséges, az egyes részfeladatok a hatékonyságot leginkább támogató elosztásban kerüljenek elvégzésre. Továbbá szükséges a változásokhoz való alkalmazkodás képessége, például, ha az egyik szereplő nem elég gyorsan, esetleg sikertelenül végezte el az adott feladatot, esetleg vészhelyzet, vagy váratlan esemény megszakította a folyamatot, úgy a munkafolyamatot dinamikusán újra kell tervezni.

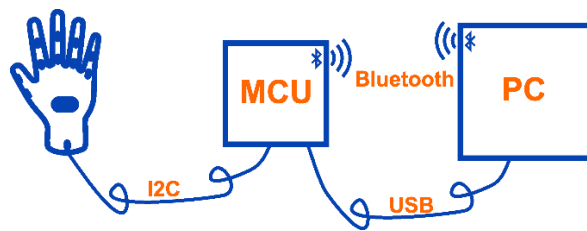
A hatékonyság növeléséhez azonban nem csak a robotok, hanem a munkások hatékonyságának növelésére is szükség van, ezért a számukra biztosított támogatás is fontos része a feladatnak. Ennek érdekében folyamatosan instrukciókkal látjuk el a feladatot végző személyt, képességeinek megfelelően az aktuális részfeladatok alapján. A magasabb szintű ismeretekkel és gyakorlattal rendelkező, képzettebb munkaerőt kevesebb és lényegre törőbb, a kezdőket részletesebb információkkal látjuk el. [1]

A munkás irányába történő információközlés többek között megvalósulhat egyszerű kijelző (display), vagy vetített piktogrammok (pl. nyilak, ikonok, jelek) segítségével, esetleg hangjelzéssel, vagy hangos szöveg formájában. A kommunikációnak azonban kétirányúnak kell lennie, hogy az ember is képes legyen visszajelzést adni állapotáról, valamint utasításokkal ellátni a robotot. Ez szintén történhet hangvezérlés formájában, fizikai kontaktust igénylő interfészen keresztül billentyűk, érintőképernyő, valamilyen számítógép interfész segítségével, vagy, mint jelen esetben, gesztusvezérléssel. A gesztusvezérlés többféle módon is megvalósulhat, például valamilyen vizuális érzékelő (kamera) segítségével, vagy egyéb eszközzel.

## **A gesztuskesztyű**

Az MTA SZTAKI által kifejlesztett gesztuskesztyű egy inerciális érzékelők hálózatából felépített rendszer, ami az ujjak állásából és a kézfej abszolút térbeli orientációjából létrehoz egy virtuális kézmodellt a kézfej aktuális állásáról. A kézmodell alapján a rendszer a

gesztusokat parancssá alakítja a robotvezérlés, vagy más alkalmazás számára. A gesztusvezérlő rendszer egy 12 szenzort tartalmazó kesztyűből, egy mikrokontrolleres egységből és egy (PC) kliensalkalmazásból áll.



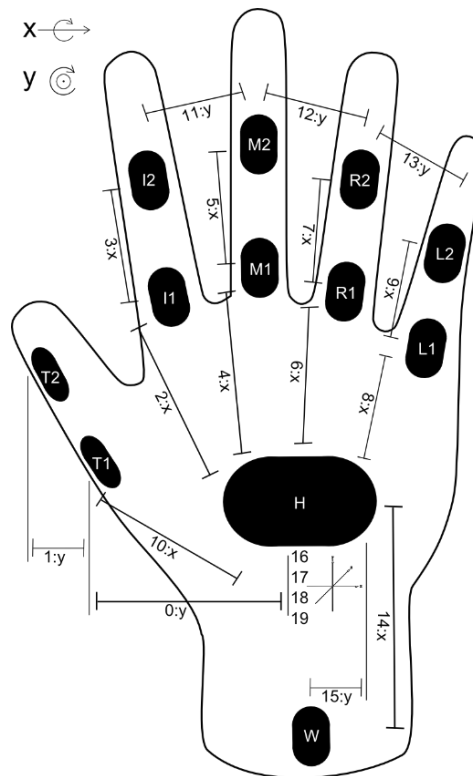
A mikrokontrolleres rendszer feladata a kesztyűn lévő szenzorok jeleinek feldolgozása, átalakítása és a gesztusreprezentáció, azaz a virtuális kézmodell előállítás, majd továbbküldése a kliensalkalmazás számára. Ezután a kliensalkalmazás a gesztusreprezentációk sorozatából parancsokat generál és azokat tovább küldi a számítógép felé. A kesztyűt úgy építettük fel, hogy két-két szenzor kerül minden ujra, egy a kézfejre és egy a csuklóra.



A szenzorok úgynevezett IMU-k (Inertial Measurement Unit), melyek egyenként tartalmaznak egy-egy háromtengelyű giroszkópot, háromtengelyű gyorsulásmérőt és háromtengelyű magnetométert. Mivel MEMS (MicroElectroMechanical Systems) típusú szenzorokat alkalmazunk, az egész elfér egyetlen háromszor hárommilliméteres csipben. A szenzorok a saját, térbeli abszolút orientációjukat mérik, melyeket a giroszkóp, a gyorsulásmérő és a magnetométer jeleinek fúziójából számolunk. A giroszkóp szögelfordulást mér, de pontossága nem elegendő a korrekt orientációmeghatározáshoz. A giroszkóp hibáinak korrigálásához szükségünk van a másik két érzékelőre is. A gyorsulásmérő segítségével a gravitáció irányát mérjük, a magnetométerrel pedig a föld mágneses északi pólusát határozzuk meg, ezekhez igazítva ki tudjuk küszöbölni a giroszkóp működéséből adódó hibát. [2] Mivel a MEMS gyorsulásmérők és magnetométerek nagy zajjal rendelkeznek, ezek szűrése miatt csak kisebb gyakoriságú mintavételre alkalmasak. Ez az oka, hogy mindhárom érzékelő egyidejű használata szükséges a pontos orientációmeghatározáshoz. Ezzel a módszerrel gyakorlatilag a három érzékelő egymás hibáit kiküszöbölve képes a nagyobb pontosságú mérésre.

Az egyes szenzorok szenzorfüzióval meghatározott abszolút térbeli orientációjából tehát kiszámíthatjuk az egyes szenzorok egymással bezárt szögeit, így megismerhetjük az ujjak behajlítottságának mértékét, valamint a csukló állását. A gesztusreprezentáció ezekből a szögekből, valamint a kézfejen elhelyezkedő szenzor abszolút orientációjából épül fel. Az ujjak szögeit két tengelyen értelmezzük: x az ujjak behajlításának, y az ujjak széttárásának mértékét mutatja. Az ujjak mozgástartományait 256 részre osztottuk fel és a szögeket ezen skálára való átszámításával ábrázoljuk. Ez a skálázás lehetővé teszi a kesztyű és a kliensalkalmazás közötti

kommunikáció során átvitt adatok mennyiségének drasztikus csökkentését, ezáltal a kommunikáció sebességének növekedését, valamint egyszerűsíti a gesztusreprezentációkat és azok feldolgozhatóságát. A gesztusreprezentáció összesen tehát 20 bájtból áll, ahol az első 16 bájtt az ujjak és a csukló szögeit jelöli, az utolsó négy szám pedig a kézfejszenzor abszolút térbeli orientációját kvaternióban.



## A kliensapplikáció

A gesztuskesztyűhöz tartozik egy kliensalkalmazás, melynek fő funkciója a felismerendő gesztusok betanítása, majd a gesztusok parancsá alakítása egy másik alkalmazás, például a robotvezérlés számára. Ahhoz azonban, hogy a kesztyű megfelelő gesztusreprezentációt tudjon előállítani, szükséges annak kalibrálása. A kalibrációs eljárásokat két részre oszthatjuk, egyik magának a kesztyűnek, másik pedig a kesztyű egyes szenzorainak kalibrációja. Ezen kívül a kliens fontos funkciója egy virtuális, a képernyőn megjeleníthető kézmodell létrehozása, ami vizuális visszajelzést tud nyújtani a kesztyű és az ujjak bármely térbeli állapotáról. Amennyiben a kalibrációs eljárásokat sikeresen hajtottuk végre, a kézmodell pontosan követi mozgólatainkat. Ha a kézmodell furcsán viselkedik, az jelzi számunkra, hogy a kalibrációval, esetleg magával a kesztyűvel valami nincs rendben.

A kesztyű kalibrációja lényegében a felhasználó kezére való pontos illesztését jelenti. Mivel minden ember keze más, kisebb vagy nagyobb, jobban hajlik vagy kevésbé, ezért minden felhasználónak szükséges a kesztyűt a saját kezére kalibrálnia. A kézre való kalibrálás néhány egyszerű lépésből áll, ahol a kliensapplikáció gesztusokat mutat, amit a felhasználónak el kell ismételnie, majd a „következő” gombra kattintania jelezve a kliensnek, hogy felvette a kért gesztust. Eközben a rendszer beállítja az ujjak és a csukló behajlítottágának skáláit, valamint azok szélső értékeit.

A MEMS szenzorok sajnos az ideálistól legtöbbször eltérő adatokat szolgáltatnak, de szerencsére ezeknek nagy részét a kalibrációval ki lehet küszöbölni. Minden szenzor tartalmaz gyári kalibrációt, valamint a kesztyű kontrollere is képes bizonyos kalibrációkat futási időben elvégezni, azonban van, aminek elvégzése mindenképpen a felhasználóra hárul. Ezek közül a legfontosabb a magnetométer kalibrációja. A kalibrációs eljárás során a kliens a mért adatokat kirajzolja a képernyőre, a felhasználónak pedig úgy kell körbeforgatnia a kesztyűt, hogy az a képernyőn egy megjelenített ellipszoidot rajzoljon ki. Érdemes minél több pontot felvenni, mert a több mérési pont növeli a kalibráció pontosságát. A kalibrációs eljárás során a kesztyű kontrollere a mérési pontokból kiszámítja a kalibrációs adatokat, melyeket a futás során felhasznál.

A kliensapplikáció fő funkciója a gesztusok felismerése, majd azok parancsokká alakítása. Ehhez azonban szükséges a felismerendő gesztusokat előre betanítani a kesztyűnek. A kesztyű felhasználásától függően definiálhatunk bármilyen statikus kézgesztusokat, melyeket egy gombnyomással rögzíthetünk és egyúttal parancsot rendelhetünk hozzájuk. A betanítás során minden gesztus többszöri rögzítést igényel, melynek során a program folyamatosan szélesíti azokat a határokat, melyeken belül esik az adott gesztus. Ez azért szükséges, mert az ember nem képes pontosan ugyanúgy megismételni az egyes gesztusokat. Természetesen különböző felhasználók különbözőképpen veszik fel ugyanazt a gesztust, így azok rögzítését minden felhasználónak külön el kell végezni. A könnyű ismételhőség érdekében lehetővé tettük a kliensben, hogy a gesztusokhoz a billentyűzet egyes billentyűit hozzárendeljük, így az adott billentyűt nyomva tartva könnyen ismételhetjük a gesztusok rögzítését. A gesztusokat a program a rögzítés pillanatától azonnal felismeri és kijelzi számunkra, így megállapíthatjuk, hogy szükséges-e a betanítás további folytatása.

## **A gesztuskesztyű használatának előnyei**

A gesztuskesztyűt és a hozzá tartozó kliensapplikációt úgy fejlesztettük ki, hogy univerzális legyen, az ne csak a robotvezérlésben, hanem más felhasználási területeken is alkalmazható legyen. A vizuális ember-gép kommunikációval szemben a gesztuskesztyű alkalmazása nem függ a fényviszonyoktól, sötétben és takarásban is jól működik. A hang alapú kommunikációval szemben nagy (pl. ipari) zajban is használható, használata önmagában nem kelt zajt. Mivel fizikai kontaktust nem igényel, nem helyhez kötött. Gyors, természetes és könnyen tanulható.

## **Irodalomjegyzék**

[1] <http://www.symbio-tic.eu/>.

[2] *Sebastian O.H. Madgwick: An efficient orientation filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays, 2010.03.30..*