

Az ember és gép kapcsolata a technológia fejlődésével egyre jobban összefonódik, épp ezért szükség a biztonságos együttműködés feltételeit kialakítani. Annak érdekében, hogy a balesetek megelőzhetőek legyenek, szükség van a megfelelő kommunikációs csatornákra mindkét fél részéről, illetve a robotoknál szükséges kialakítani a megfelelő emberérzékelő rendszert. Olyan eszközökre van szükség mind a strukturált, mind a strukturálatlan környezetben, amely figyelembe veszi az emberi tényezőket. Ehhez a gépeket megfelelő érzékelőkkel és szenzorokkal kell ellátni. Mivel a jelenlegi robottechnika még nem elég fejlett ahhoz, hogy a robotok önállóan, célirányosan működjenek, szükség van az ember és gép hatékony együttműködésére a kijelölt feladat elvégzéséhez.

Kulcsszavak: robottechnika, biztonság, együttműködés

Bevezetés

A robottechnika fejlődésével a gépek emberekre gyakorolt hatása megkérdőjelezhetetlen, a hétköznapi használatban jelenlétük még nem számottevő, de a robotok a strukturált ipari környezetekben már sikeresen segítik vagy akár helyettesítik is az emberi munkát, kiválóan alkalmazhatóak az ismétlődő, monoton feladatokban, az életre és a testi épségre veszélyes tevékenységek esetében. A legtöbb manapság elterjedt robot 3 nagy kategória egyikebe sorolható.¹ Az első a *manipulátorok*, amelyek igazából robotkarok, egy helyhez rögzítve vagy kötött pályán dolgoznak, mozgásuk a munka környezetére van korlátozva, amit általában csuklók segítségével valósítanak meg. A következő kategóriát a *mobilitások* alkotják, amelyek már kerekek, lábak vagy hasonló szerkezetek segítségével mozognak a környezetükben. Végül az utolsó csoport az ún. hibridek, amelyek már olyan mobil robotok, amelyekre karokat is szereltek, ide sorolhatóak a *humanoid robotok* is, amelyeknek felépítése már hasonlít az emberére. A munka környezetének megosztása során technológiai szempontból az egyik legnagyobb kihívást a gépet üzemeltető, felügyelő vagy csak ott tar-

¹ Mesterséges Intelligencia Elektronikus Almanach, TAMOP 4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0026.

tózkodó testi épsége jelenti. Erre a szempontra már a robot tervezési szakaszában készülni kell annak kialakításában, programozási algoritmusában, valamint a rendszerbe történő integrációjában. A robotnak nem elegendő, ha csak egy előre beprogramozott feladatot képes végrehajtani, és képtelen alkalmazkodni a változó körülményekhez: saját döntések meghozására is szükség van ahhoz, hogy beilleszkedhessen az ember környezetébe. Ennek megvalósítására szofisztikált érzékelők szükségesek a megfelelő emberérzékeléshez. Az információkat feldolgozó és végrehajtó eszközök használatának egyszerűnek kell lennie.

Az ember és a robot együttműködésének kulcskérdése a biztonság. Ez a szempont egy kisméretű és kis tömegű robot esetében kevésbé tűnhet fontosnak, de az általa végzett tevékenységet mindenképpen szabályozni kell. Ha pedig továbblépünk az ipari környezetekben használt gépekre, nyilvánvaló, hogy már pusztán méretük alapján is szükséges a veszélylehetőségekre felkészülni. Ahhoz, hogy az ipari robotoknál már elért biztonsági szintet áthelyezzük a hétköznapi megoldásokra, az együttműködés szintjének még sokat kell fejlődnie. A technológiai előrelépés nemcsak a gépeket érinti, az ember is képzetesebbé válik a közös feladatok elvégzésében. A robottechnika fejlődése és egyre jelentősebb szerepvállalása az iparban gazdasági jelentőséggel is jár, mivel így nő a termelékenység, és a felhasználó terheltsége is csökken. Így az együtt elvégzett munka is hatékonyabbá válik. Ahhoz, hogy a biztonságot megfelelő alapra helyezzük, meg kell vizsgálni a két fél kapcsolatát, hogy hogyan is kommunikálnak egymással.

A robotika hajnalán az iparban használt robotokat a nagy sorozatban gyártott eszközöknél alkalmazták. Ezeket olyan szakemberek programozták, akik kívül-belül ismerték a gépet, ezért nem volt szükség arra, hogy a gép tudatos legyen, és megértse környezetét, csak a programozó gondolkodására volt szükség. Az ember-gép kapcsolatban a két fél közötti kommunikáció többféleképpen is történhet: egyrészt az ember is átad parancsokat, jelzéseket valamilyen formában, ami lehet egy gomb lenyomása, de ugyanakkor ő is kap visszajelzést.

Az emberi viselkedés fontos szerepet játszik a robotokkal kapcsolatos tevékenységekben, ugyanis hiába teszünk egy gépet megfelelően védetté, ha a kezelő nem tartja be az előírásokat. Megfelelő oktatással magasabb szintű biztonságot lehet elérni a gép felépítésében és szerkezetében való változtatás nélkül is. Ennek ellenére a személyi hibákra fel kell készülni, és a tervezési szakaszban szükséges számításba venni a veszélyforrásokat. A viselkedés miatt bekövetkező hibákra sosem lehet teljes mértékben felkészülni; ezek egy jól átgondolt szervezéssel sem szüntethetők meg. Minden szélsőséges esetre lehetetlen felkészülni, és a költségeket is irreálisan megnövelné, ezért szükséges bevonni az emberi intelligenciát egy felügyeleti rendszer keretében. A cikk keretében a kapcsolódási pontokat és a kommunikációs módokat fogjuk megvizsgálni. Szó lesz a kommunikációs eszközökről, a fizikai kapcsolódásokról, valamint hogy ezeket hogyan lehet feldolgozni és vezérelni, de bővebben tárgyaljuk, hogyan valósulhat meg az emberek és gépek alkalmazkodása egymáshoz, és eközben milyen hatásokkal kell számolni.

Ember-robot interakció

Az emberek és a robotok közötti együttműködés legfontosabb eleme a kétoldalú kommunikáció, amely magában foglalja a fizikai kapcsolatot, magának a kommunikációnak a technológiáját, az általunk közölni kívánt feladatot és az erre kapott választ is. Ahogy ez az egymás közötti kapcsolat egyre jobban fejlődik a technológia előre haladtával, a gépi felismerésnek is kifinomultabbá kell válnia, így az embernek kevésbé kell alkalmazkodnia az intelligens gépekhez. Ehhez meg kell oldani a fizikai kapcsolódás miatt kialakuló biztonsági problémákat, hogy a robot környezetéről megfelelő információkat kapjon, ezáltal működése tudatosabbá váljon.

Amennyiben a kommunikáció célja, hogy a gépet vezéreljük, akkor irányító kapcsolatot alakul ki a két fél között.² Ha a gép részéről jön a kezdeményezés, akkor a kapcsolat jellege jelző. Ha cél az információ átadása, és a „párbeszéd” folyamatos, azt távközlésnek nevezzük. Annak érdekében, hogy a robot jobban megértse az emberi szándékot, további kommunikációs csatornákat kell nyitni. Az egyik ilyen folyamat a fizikai részek taktilis érzékelőkkel való ellátása (erről a későbbiekben bővebben is szó lesz). Ez azt jelenti, hogy a robot a külső borításán elhelyezett szenzorral szerez információt a környezetéről, amely magában foglalja az érintést, a nyomást, a hőmérséklet észlelését. Ha a fejlettség elér egy megfelelő szintet, akkor a robotok használata is áttérjedhet a hétköznapiakra. A taktilis érzékelőket már sikeresen alkalmazzák az orvosi technológiában a sérült és beteg emberek segítségére és életmódjának javítására. Az életvitelt segítő, személyi támogatást nyújtó robotok számos területen nyújtanak elengedhetetlen segítséget, például egy rosszulletett esetén a segítségkérésre vagy akár említhetnénk az étkezést és a helyváltoztatást is.

A fenti eredmények azért váltak hétköznapivá, mert már az iparban is megjelent az igény, hogy ne csak a magasan képzett szakemberek tudják a gépet programozni és a robotokkal kommunikálni, ezért azokat is egyre intelligensebbre tervezik. A motivációt a költségek csökkentése adta: egy kis széria gyártásánál, a gyakori átváltás miatt, a hagyományos programozási módszerekkel a robottechnika versenyképtelen lenne az emberi erővel szemben, valamint a szaktudás egy kis cégnél nem feltétlen van jelen. Ennek eredményeképpen jött létre az ún. szuperflexibilis robotprogramozás,³ amelynek segítségével a programozás és a betanítás egy új paradigmáját mutatták be, amely a szokványostól eltérő kognitív infokommunikációs csatornákra épül. Ez fontos lépés a kognitív robotika kialakulásához, amely a robotok vezérlési és működési elvét ötvözi a kognitivitással, a tudatossággal, vagyis az érzékeléssel, a beavatkozással és a tanulás képességével. A gép képessé válik korábban nem tapasztalt, előre nem látható feladatok értelmezésére, és ezekre

² Kósa Zsuzsanna: *Rugalmas ember-gép kapcsolatok*. Égen-Földön Informatika. Typotex Kiadó, 2008, 306–316. o.

³ Dr. Korondi Péter, Dr. Tamás Péter, Budai Csaba, Graff József, Bojtos Attila, Dr. Samu Krisztián, Krizsán Zoltán, Dr. Kovács Szilveszter: *Mechatronikai mérnök. MSc tananyagfejlesztés*, BME MOGI, 2014.

tud megfelelő válaszokat adni. A gépi rendszerek érzékelik az ember kommunikációját és viselkedését, amiket eltárolnak és feldolgoznak. Minderre épülve utánozhatják és kombinálhatják is a különböző mintákat, ezután pedig adaptívan alkalmazkodhatnak a feladathoz, szemben egy előre programozott folyamattal, amely nem képes felismerni az előre beprogramozott feltételekkel rendelkező szituációkat. Ha egy robot ön maga elő tudja állítani az elvégzendő változtatásokat, akkor a szakemberigény és a költségek is jelentősen csökkenthetők. A két fél kapcsolatán keresztül az ember többletképességekre tehet szert a gépek segítségével. Ez alatt azt értjük, hogy a gondolkodás és az érzékelés rendszerre kibővíthet, és ez által új távlatok nyílhatnak meg.

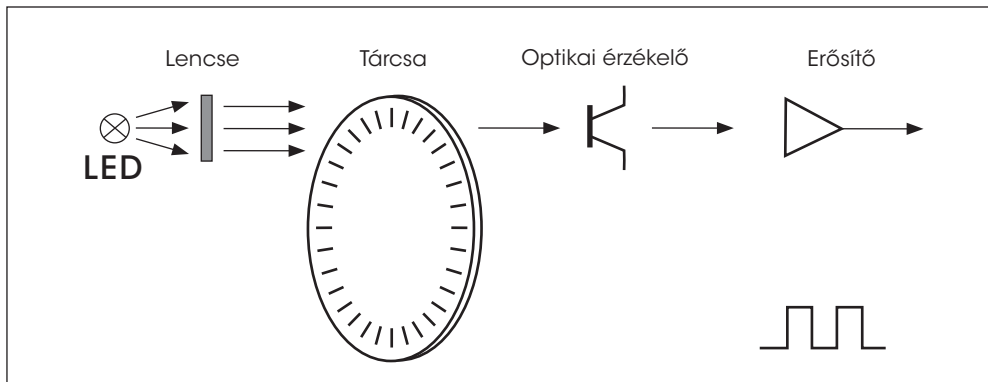
A kommunikáció eszközei

A kommunikációhoz szükség van érzékelési interfészekre. Ezek a kapcsolódási felületek épülhetnek az érzékelésre (mint egy nyomógomb) vagy érintőképernyőre, mozgás- és hangérzékelésre, kép- vagy alakfelismerésre. Az alkalmazott érzékelő lehet passzív, ide sorolhatóak a kamerák, amelyekkel a környezetet lehet megfigyelni és jeleket lehet venni, amit a térben elhelyezett tárgyak generálnak. Ha a szenzor aktív, akkor a környezetből sugárzott vagy visszavert energiákat érzékeli. Hátrányuk lehet, hogy interferencia léphet fel a zárt térben, illetve fogyasztásuk is nagy. Mindkét típust tovább három alcsoportba lehet osztani az alapján, hogy távolságot mérnek, teljes képet közvetítenek a környezetről vagy a robot egyes saját tulajdonságait figyelik.

A távolság felmérésére számos robotban alkalmaznak távolságmérő szenzort, amellyel megállapítható az egyes tárgyak távolsága. Ezek közül az egyik leggyakrabban alkalmazott a hanglokátor, amely a tárgyak helyét és kiterjedését elektromágneses vagy hanghullámok segítségével határozza meg, és így képezi le ezeket három dimenzióban. A tárgyakról visszaverődő hullám ideje és intenzitása alapján már megállapítható azok elhelyezkedése a szenzorhoz képest. A visszaverődés ideje és a hullám intenzitása információval szolgál a közeli tárgyak helyzetéről. A másik kis hatótávolságú érzékelő a korábban említett taktilis érzékelő. A másik véglet: a globális helymeghatározó rendszerek, amelyek háromszögletes módszerrel, műholdak segítségével határozzák meg a távolságot, akár pár méteres pontossággal is. Hátrányuk a hanglokátorral szemben, hogy víz alatt nem használhatók.

A szenzorok másik fontos osztályát képezik a képérzékelők, amelyek a fénysugarakat olyan digitális információvá alakítják át egy AD-konverterrel, amiből végül a pixelekből álló képet kapjuk meg. Ehhez CMOS- és CCD-szenzorokat használnak. Napjainkban CMOS- és CCD-technológiát használnak a gyártók. A sztereolátás szerepe megnőtt a robottechnikában, ennek köszönhetően tud a gép pontosan mozogni, felismerni a távolságokat és megfogni bizonyos dolgokat. A robot számára ez mélységi információt is közvetít, amely segítségével le tudja képezni a világot három dimenzióban.

Az önérzékelők tartoznak a harmadik csoportba, amelyek a robot számára a saját állapotáról adnak tájékoztatást. A robot egyes csuklóinak pontos állásáról az ott elhelyezett forgójeladó, egy elektromechanikus eszköz ad jelet, ami megmutatja a fordulatszámot, az elfordulás szögét vagy a pozíciót. Két típusa az inkrementális és az abszolút forgójeladó.⁴ Az inkrementálisok elsősorban mechanikai, optikai vagy mágneses érzékelés elvén működnek. Az optikai (1. ábra) működési elve: egy fényforrás folyamatosan fényt bocsát ki, ez áthalad egy üvegtárcsa résein. Az átjutó fényt a túloldalon egy fényérzékeny eszköz érzékeli, amely egy AD-átalakító segítségével négyyszögjelle alakítja azt egy erősítőfokozat segítségével. Az üvegtárcsát egy tengelyhez rögzítik, és ez annak elfordulását képes érzékelni. Az elfordulásakor keletkező négyyszögjel függ a forgási sebességtől és a tárcsa osztásának számaitól.



1. ábra: Optikai inkrementális jeladó működési elve

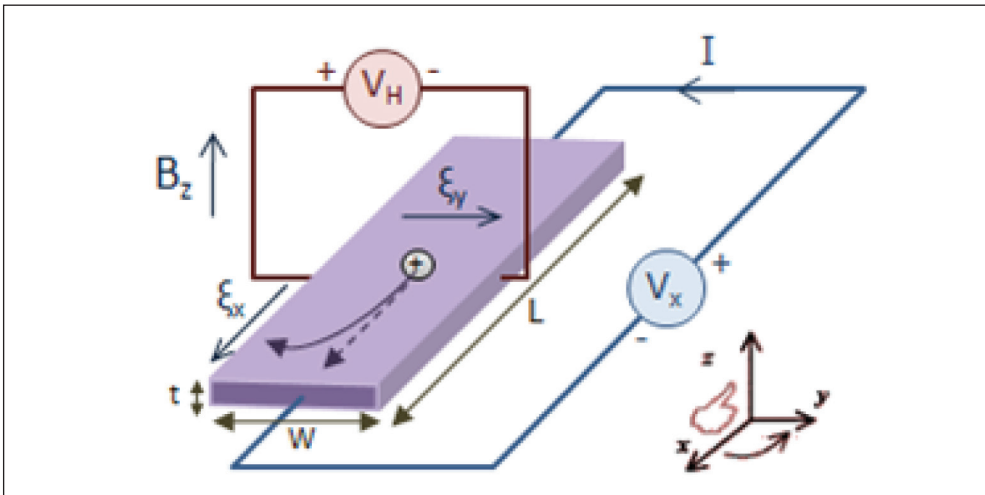
Az inkrementális forgójeladók esetében azonban számolni kell azzal, hogy ha a tápfeszültség megszűnik, az elmozdulás nagyságát és a pozíció meghatározását szolgáló kimenő impulzusok számolási eredményei elvesznek.⁵ Ez egy biztonsági problémát jelent, mivel egy kikapcsolást követően, a tápfeszültség visszakapcsolása után a gép pontos pozícióját nem lehet tudni. Ezért el kell helyezni egy referenciapontot, amihez minden egyes bekapcsoláskor a gép pozícionál. Ebben az ún. 'home' pozícióban a számláló nullázódik, és a gép innentől képes a mozgásokat és a környezet többi pontját önmagához viszonyítani. Ha egy gép több tengellyel is rendelkezik, a nullázást mindegyiken meg kell ismételni. Az abszolút jeladóknak minden pillanatban kiolvashatók az aktuális pozíció koordinátái.

Azonban az optikai érzékelők nem működnek mindig megbízhatóan, bizonyos esetekben, például poros környezetben, magas páratartalomnál, rázkódások, rezgések esetén ez a típus kevésbé vagy egyáltalán nem alkalmazható. A mágneses alapú szenzorok jóval nagyobb tűrőképességgel rendelkeznek. Az érzékelők ebben az esetben is egy tárcsa elfor-

⁴ www.q-tech.hu/pdf/PR/Inkrementalis%20forgojeladok.pdf (letöltve: 2015. 04. 18.)

⁵ www.q-tech.hu/pdf/PR/Abszolut%20forgojeladok.pdf

dulását érzékelik, ami a tengelyhez van rögzítve. Két kialakítás közül lehet választani: az egyik, hogy a tárcsa anyagának mágnesezhető anyagot választanak, és ezt felmágnesezik, majd az észak–déli pólusú gyűrű a szenzor előtt mozog, amely így változást idéz elő a mágneses térben; a másik megoldás, hogy fixen rögzítenek egy állandó mágneset, és az általa létrehozott mezőben keletkező változásokat érzékelik. A változás hatására mindkét esetben egy szinuszos jel jön létre, amiből egy jelátalakító segítségével négyzetjelet hoznak létre. A változás érzékelése a leggyakrabban Hall-elemes szenzorokkal történik. (2. ábra) Ez a nevét a fizikai jelenség felfedezőjéről kapta. A működése során a félvezetőlapkán áram folyik, és ezt az áramfolyás irányára merőlegesen behelyezik egy mágneses térbe. Ennek hatására feszültség keletkezik, és az érzékelő ezt a feszültségváltozást érzékeli.



2. ábra: Hall-effektus szemléltetése⁶

Az erő és a nyomaték érzékelésére használható szenzorok abban az esetben jutnak fontos szerephez, ha a robotnak egy törekeny vagy érzékeny tárgyat kell megfognia, annak méretéről és helyzetéről pedig nincs pontos információ. Az erőszensor segítségével a robot tudja, milyen erőt kell kifejtenie, a nyomatékszenzor pedig arról ad tájékoztatást, mennyire kell azt elmozdítani vagy becsavarni. A jó szenzorok képesek az erőt mérni mindhárom elmozdulási és mindhárom elfordulási irányban.

Ezek a szenzorok elsősorban a robotoknak nyújtanak információkat. Az ember robottal való kommunikációjához további eszközökre van szükség. Jelenleg a legelterjedtebb megoldások az érintésalapúak, ahol gombnyomásokkal vagy érintőpaddal lehet az utasításokat átadni, a gép pedig egy kijelzőn keresztül reagál, valamely karjával elvégzi a kiadott utasítást. A kommunikációs csatorna lehet hangalapú is, ebben az esetben csak

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Electron_mobility (letöltve: 2015. 04. 18.)

át kell vinni a hanghullámot, de ennek elterjedése még várat magára. Működés szempontjából fontos, hogy a kiadott utasításokat a hang alapján értelmezni kell, és vezérlő algoritmusokat kell ehhez hozzárendelni. Egyelőre legfeljebb csak szavak értelmezésére van lehetőség. A hang alapú irányításhoz fel kell ismerni a nyelvet, a beszéd egységeit, a mondatokat, és a robotnak alkalmazkodnia kell a vezérlő személy hanglejtéséhez. Az ember-érzékelő rendszer következő fontos pontja a mozgásérzékelő, ahol egy hőképből vagy visszaverődő hullámformákból állapítható meg az ember tartózkodási helye.

Következtetések

Az ember-gép kapcsolat bonyolult és összetett folyamat, amelyet rengeteg szempontból lehet vizsgálni. Annak érdekében, hogy a jövőben az együttműködés magasabb szintre emelkedjen, szükséges a robotok és gépek számára egy magas szintű ember-érzékelési rendszert kifejleszteni. Ennek segítségével az ember számára biztonságosabb lesz a robotok környezetében dolgozni, és az emberi folyamatok egyre jobban ráépülhetnek a gépekére.

Látható, hogy az érzékelés összetett folyamat, amelynek során a robot az érzékelőkből kapott jelek alapján leképezi környezetét és az abban elhelyezett elemeket. A nehézséget az adja, hogy minden környezetben vannak zavaró jelek, zajok, így a leképezés nem tökéletes, a robot viselkedése nem mindig jósolható meg előre teljes biztonsággal. A tökéletes leképezéshez három feltételnek kell teljesülnie: elegendő információ álljon rendelkezésre a megfelelő döntés meghozatalához, ennek strukturálnak kell lennie, hogy könnyen frissíthető legyen, valamint a belső állapotváltozók megfeleltethetők legyenek egy-egy valós fizikai világbeli állapotváltozónak.⁷ A gépek számítási kapacitása egyre nagyobb, de még nem intelligensek. A cél az, hogy a közeljövőben olyan szenzorokkal és érzékelőkkel lássák el a gépeket, hogy azok akár érintéssel, szaglással vagy éppen tapintással is információhoz jussanak. Végül pedig, hogy ne csak előre programozott algoritmusok alapján tudjanak reagálni az őket ért hatásokra, hanem meg is értsék azokat.

⁷ Mesterséges Intelligencia Elektronikus Almanach, TAMOP 4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0026.

Irodalomjegyzék

- [1] Mesterséges Intelligencia Elektronikus Almanach, TAMOP 4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0026.
- [2] Dr. Korondi Péter – Dr. Tamás Péter – Budai Csaba – Graff József, – Bojtos Attila, Dr. Samu Krisztián – Krizsán Zoltán – Dr. Kovács Szilveszter: *Mechatronikai mérnök*. MSc tananyag-fejlesztés. BME MOGI, 2014.
- [3] Kósa Zsuzsanna: *Rugalmas ember-gép kapcsolatok*. Égen-Földön Informatika. Typotex Kiadó, 2008, 306–316. o.
- [4] Olesya Ogorodnikova: *Human Robot Interaction: The Safety Challenge*. PhD dissertation. Budapest, 2010.

Internetes források:

- www.q-tech.hu/pdf/PR/Abszolot%20forgojeladok.pdf (letöltve: 2015. 04. 18.)
- www.q-tech.hu/pdf/PR/Inkrementalis%20forgojeladok.pdf (letöltve: 2015. 04. 18.)

Analysis of Human-Robot Interactions

FŐDI GÁBOR – PAUSITS PÉTER

With the evolution of technology human-robot interactions are becoming more and more refined; therefore it is essential to lay down certain guidelines. First, communication needs to be enhanced to avoid accidents. Furthermore, robots need to be equipped with a reliable human detection system using highly sophisticated sensors capable of functioning in structured and unstructured environments. Robotics is not advanced enough to produce highly autonomous robots; therefore human-robot cooperation is required to efficiently perform certain tasks.

Keywords: robotics, safety, cooperation