

Munkahenger szerelése kollaboratív robotos környezetben

PNEUMATIC CYLINDER ASSEMBLY IN A COLLABORATIVE ROBOTIC ENVIRONMENT

KOMÁROMI Gergely szoftverfejlesztő, ABAI Kristóf rendszerfejlesztő mérnök,
dr. NACSA János tud. főmunkatárs, TIPARY Bence PhD hallgató

Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet,
1111 Budapest, Kende u 13-17, +36 1 279 6000, gekomarom@sztaki.mta.hu, www.sztaki.hu

ABSTRACT

Among the new Industry 4.0 (I4.0) trends, there are the collaborative robotic workcells, where the human operator and the robot are working in a common environment. In the I4.0 robotic pilot system of the Institute for Computer Science and Control (MTA SZTAKI), various industrial parts can be assembled. This paper presents the operation of this system through the collaborative assembly of a pneumatic cylinder. The paper discusses the most important elements of the environment, their properties, their role in the assembly process and the changes that have become necessary during the development.

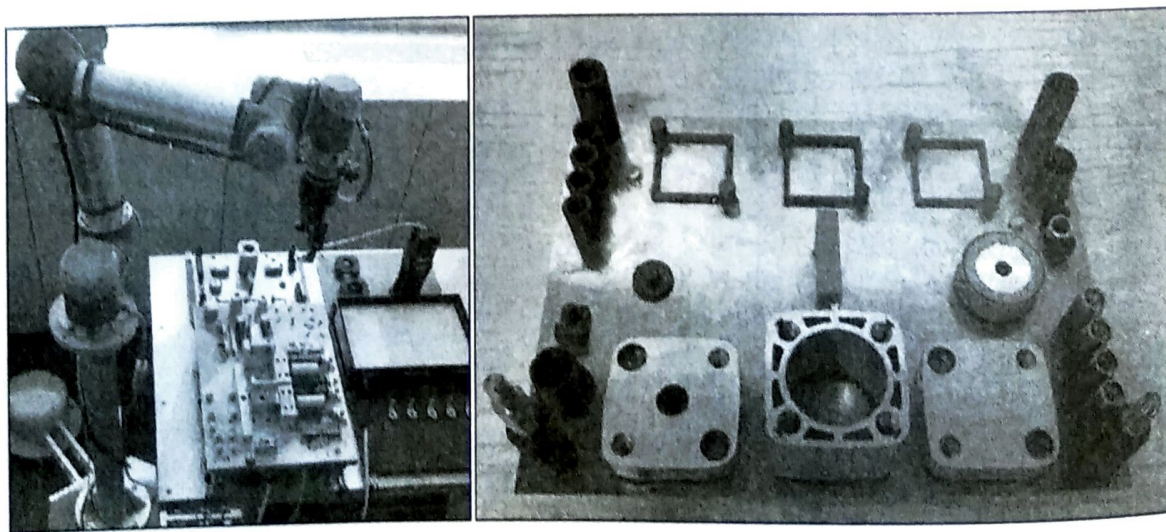
KIVONAT

Az Ipar 4.0-ban megjelent trendek közé tartoznak a kollaboratív robotos munkaállomások, ahol a robot az emberrel közös munkatérben végzi feladatát. Az MTA SZTAKI Ipar 4.0 mintarendszerében kialakított robotos szerelésre alkalmas munkakörnyezetben többféle ipari alkatrész szerelése lehetséges. Jelen dolgozatban ezen rendszer működése egy pneumatikus munkahenger kollaboratív szerelésén keresztül kerül bemutatásra. A dolgozat kitér a szerelőkönyezet fontosabb elemeire, azok tulajdonságaira, ismerteti a szerelésben betöltött szerepüket illetve a fejlesztés során szükségessé vált módosításokat is.

Kulcsszavak: munkahenger, szerelés, kollaboratív robot, Ipar 4.0

1. BEVEZETÉS

Az Ipar 4.0 keretein belül egyre nagyobb szerepet kap a kollaboratív robotok alkalmazása, fejlesztése [1]. A kollaboratív robottechnológia lényege az, hogy az ember és a robot együttműködve, egy munkatérben képes dolgozni. Az ember irányítja és felügyeli a termelési folyamatot, míg a robot a megterhelő, veszélyes vagy épp monoton feladatokat látja el. Számos előnnyel bír ez a munkavégzési stratégia, ami több iparág figyelmét is felkeltette.



1. ábra

Az alkalmazott szerelési környezet (balra) és az alkatrészpaletta (jobbra)

Az MTA SZTAKI Mérnöki és Üzleti Intelligencia Kutatólaboratóriumában évek óta zajlik az ember-robot együttműködéshez kapcsolódó technológiák kutatása és különféle fejlesztések, melyek aktuális, az ipart

foglalkoztató problémákra keresnek megoldásokat [2]. A szerelő rendszer az általános IT elemeken és különféle kamerákon túl UR robotokból [3], a rájuk szerelt adaptív megfogókból [4] és erő/nyomatékmérőkből [5] áll.

Jelen szerelési feladat egyik fontos láncszeme egy olyan munkakörnyezet felállításának, amelyben a robot az ember által feltöltött palettákról elvéve az alkatrészeket, egy szerelőkészülék segítségével összeszereli a terméket [8]. A készüléken különféle termékek, többféle méretben állíthatóak össze: pl. gömbcsapok, nyomógombok, munkahengerek stb. [7]. A dolgozatban ezen szerelési feladatok közül a munkahengerek összeszerelése került kidolgozásra.

2. MUNKAKÖRNYEZET

A szerelés megvalósítása egy olyan munkakörnyezetben kezdődött, amelyet már egy másik termék (gömbcsap) szereléséhez optimalizáltak. A cél így a jelenlegi munkakörnyezet munkahenger szereléshez történő adaptálása volt, annak minimális megváltoztatásával. A szerelő környezet elemei a következőképpen helyezkednek el. A munkaasztalon található a munkahenger palettája, a többfunkciós szerelőkészülék és a csavarozáshoz használt csavarbehajtó (lásd 1. ábra bal oldala). A készülék és a paletta alapjául szolgáló textilbakelet lap egy sín pár segítségével rögzülnek az asztalon. A paletta illesztő csapok segítségével pozícionálható az említett lapon. A csavarbehajtó a paletta mellett helyezkedik el egy számára kialakított tartóban egy külön textilbakelet lapon.

A szerelni kívánt termékek (két, hosszban és átmérőben) az ISO 21287 típusú kétoldali működtetésű pneumatikus munkahengerek. A munkahengerek tömítéssel ellátott dugattyúja egy dugattyúrúdra van rárögzítve csavaranyával és összeállításként mozgatható a hengercsőben, amit két oldalról egy hengerfedél és egy hengerfenék zár le. A hengerfedél és a hengerfenék csavarokkal vannak rögzítve a hengercsőhöz.

A szerelés megkezdésének előkészítéseként az imént említett alkatrészeket helyezi fel a kezelő a palettára (lásd 1. ábra jobb oldala). A paletta egy 200x270 mm alapterületű fémlemez, melynek furataiba az alkatrészek 3D nyomtatott tartói vannak beragasztva. A palettáról a robot helyezi át az alkatrészeket a szerelő készülékre, ahol a tényleges szerelés zajlik. Mivel a cél a szerelő készülék tervezésekor az volt, hogy többféle szerelési feladatot is végre lehessen hajtani vele, ezért a munkahenger szereléséhez használt pozícionáló elemek a készülék szélén lettek elhelyezve, így középen helyet adva a három szolenoid rögzítőnek és az egyéb ülékeknek. A hengercső számára két ülék is biztosítva van a készüléken, hogy a feneket, majd a hengercsövet megfordítva a fedelet is rá lehessen csavarozni a csőre. A dugattyúrúdnak is van egy üléke, ami egyben a dugattyú dugattyúrúdra illesztéséhez is használatos. Továbbá, a készülék sarkában egy, a dugattyú rögzítésénél alkalmazott csavaranya pozícionálására alkalmas ülék is elhelyezésre került. Programindítás előtt a kezelőnek mindig ellenőriznie kell, hogy a szerelendő munkahenger méretéhez lettek-e igazítva a szerelőkészülék megfelelő ülékei.

A szerelés kidolgozása során olyan pozíciókat is fel kellett vennie a robotnak, amik nem voltak elérhetőek a szerelő készülék és a paletta elhelyezkedése miatt. A megoldást a készülék megemelése jelentette. A készülék 40 mm-rel lett megemelve azáltal, hogy a készülék lábaként szolgáló, hosszában elfekvő alumíniumprofil alá párhuzamosan még egy ugyanolyan alumíniumprofil került rögzítésre.

A szerelést végző UR5 robotkar hatósugara 850 mm, de a szerelő környezet és a robotperifériák ezt a hatósugarat megközelítőleg 150 mm-rel csökkentik. A gyári megfogó pofát lecseréltük egy egyedileg gyártott, keresztben és hosszában is horonnyal ellátott pofára. Az egyedi pofa kialakítását a szerelő készüléken összeszerelhető más termékek bizonyos alkatrészeinek a geometriája és a hozzájuk tartozó szerelési módszerek indokolták.

A szerelés egyik legkritikusabb pontja a csavarozás volt, az alkalmazott speciális csavarok ugyanis nem mágnesezhetőek. A felvételükhöz az egyedi kialakításukat használtuk ki, mivel külső és belső menettel is rendelkeznek. A csavar megfogáshoz, felemeléséhez egy egyedi behajtó bit készült, ami három egységből épül fel: egy 8-as bitbehajtó, egy 8-as imbusz-behajtófej és egy lamellás rugó. A rugó összenyomódva illeszkedik a csavaron keresztül menő furatba, így az felvehető. A rugó szétfeszítésével ill. összenyomásával lehet szabályozni, hogy elég erősen tartson a csavar felemeléséhez, de elég gyenge legyen a már behajtott csavar elengedéséhez. A másik feladat, ami külön segédeszközt igényelt, a dugattyú hengercsőbe illesztése volt. Ehhez mindkét munkahenger mérethez 3D nyomtatott bevezető kúpok készültek.

3. SZERELÉS MEGVALÓSÍTÁSA

A teljes szerelési folyamat lépésekre lett bontva a szerelési terv alapján. Mielőtt a tényleges szerelés elkezdődne, a kezelőnek inicializálnia kell a környezetet, ami a szerelő készülék beállításából, a paletta elhelyezéséből és feltöltéséből áll. A robotos szerelési lépések (2. ábra):

1. hengercső áthelyezése a szerelő készülékre,
2. hengerfenék illesztése a hengercsőhöz,
3. a csavarbehajtó készüléket felvéve a két csavar hengerfenékbe való becsavarozása,
4. az elkészült részösszeállítás megfordítása készüléken,
5. a csavaranya, majd a dugattyúrúd áthelyezése a készülékre,
6. a dugattyú dugattyúrúdra illesztése (2. ábra),
7. a dugattyúrúdra illesztett dugattyú megfordítása fogásváltás céljából,
8. csavaranyával a dugattyú dugattyúrúdra rögzítése,
9. a dugattyúrúdra felszerelt dugattyú benyomása a hengercsőbe a bevezető kúpon keresztül (amit a kezelő helyezett el a hengercsövön),
10. hengerfedél illesztése a hengercsőhöz,
11. a csavarbehajtó készüléket felvéve a két csavar hengerfedélbe való becsavarozása.

Látható, hogy egyrészt a szerelést nehezíti, hogy több alkalommal kell csavarozni, ami a csavarbehajtó többszöri megfogását és letételét jelenti, másrészt az 9. művelethez szükséges közvetlen emberi beavatkozás, vagyis valódi kollaboráció.



2. ábra

Balról jobbra sorban: a hengercső megfogása (1. lépés), a csavar felvétele (3. lépés), a hengerfenék rögzítése a hengercsövön (3. lépés), a dugattyú dugattyúrúdra illesztése (6. lépés), a dugattyú összeállítás hengercsőbe helyezése (9. lépés)

4. A SZERELÉS PROGRAMOZÁSA

4.1 Munkapontok tárolása

A szerelési lépések megvalósításához fel lettek véve a robottal az egyes lépések munkapontjai. A pontok eltárolására egy JSON fájl alapú katalógus szolgált [9]. A katalógus a munkapont koordinátákon kívül a koordinátarendszereket, utasításokat és azok paramétereit is tárolja. A pontok a betanítást végző személy által meghatározott koordinátarendszerbe átszámítva kerülnek a katalógusba. Egy pont tárolt paramétereit a pont elnevezése, a koordinátarendszer neve (amelybe át lett számolva) valamint hat koordinátaérték, melyek az x, y, z koordinátákat és Rx, Ry, Rz elfordulásokat tartalmazzák. Az eltárolt utasítások lehetnek például megfogó parancsok, erő-visszacsatolásos utasítások, periféria-kezelő elemek, továbbá ezekkel a mozgás pályája és sebessége is változtatható.

Minden katalógusnak tartalmaznia kell egy ún. base koordinátarendszert, amely a robot bázis koordinátarendszerét képezi. A palettákhoz és szerelési készülékekhez önálló koordinátarendszereket rendelve biztosítható, hogy ezek áthelyezése esetén csak a megfelelő koordinátarendszert kelljen újrakalibrálni.

4.2 Vezérlő rendszer

A vezérlés és a robottal történő kommunikáció a Node-RED rendszeren [6] keresztül történik, mely egy eseményvezérelt folyamatleírást valósít meg. A rendszer csomópontokból (ún. node-okból) épül fel, melyek összekötésével különféle folyamatok (flow-k) hozhatók létre. Ennek használata a munkahenger szerelésének

kivitelezésénél azért előnyös, mert a Node-RED-es rendszer képes egyszerűen összekötni különféle eszközöket és program elemeket egy vezérlési folyamatban.

Jelen esetben így lett összekapcsolva a robot és a számítógép egy vezérlő programon keresztül, melyet böngészőből lehet indítani. A vezérlő programmal a már katalógusban szereplő utasításokat lehet lefuttatni, illetve felvett pontokra mozgatni a robotot. Egy feladat (task) végrehajtásához a kezelő megad egy előre meghatározott és egyértelmű, ponthoz vagy utasításhoz rendelt nevet. A név alapján a rendszer kikeresi a katalógusból a szükséges adatokat, és átadja azokat a robotnak. A programban korlátozottan, de lehetőség van új pontok felvételére és elmentésére. Ez esetben egyelőre csak relatív mozgás végezhető a robottal, mely egyszerűbb pozíciók felvételére és meglévő pozíciók finomhangolására alkalmas.

A pontok elmentéséhez a katalógus elérési útvonalát meg kell adni a program indításakor. Utána már automatikusan a megadott katalógusba menti a program a felvett pontot. A pont relatív koordináta-rendszerbeli paramétereit a Node-RED-es rendszer számítja ki, a kezelőnek csak a koordináta-rendszert kell kiválasztani és megadni a pont elnevezését.

Egy mozdulatsor végrehajtásához egy program fájl szükséges. Ez egy txt fájl, melynek minden sora egy utasítást tartalmaz. Az utasítás származhat katalógusból, ekkor csak a pont vagy utasítás nevét kell megadni, de direkt utasítást is tartalmazhat a programfájl. Direkt utasítás esetén szükség van a koordináta-rendszer megnevezésére, az utasítás típusára és a megfelelő paraméterekre is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatást a GINOP-2.3.2-15-2016-00002 azonosító számú, „Ipar 4.0 kutatási és innovációs kiválósági központ” projekt támogatta. Hajós Mátyásnak a szerelés programozását támogató munkáját a szerzők köszönik.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] C. Thomas, B. Matthias, B. Kuhlenkötter: Human–Robot Collaboration—New Applications in Industrial Robotics, International Conference on Competitive Manufacturing (COMA), Stellenbosch, 2016. 293–299.
- [2] Kemény Zs., Beregi R., Nacsa J., Kardos Cs., Horváth D.: Human–robot collaboration in the MTA SZTAKI learning factory facility at Győr, Procedia Manufacturing, Volume 23, 2018, 105–110.
- [3] Universal Robot UR5; <https://www.universal-robots.com/hu/term%C3%A9kek/ur5-robot/>
- [4] RobotIQ 2F-85 Gripper; <https://robotiq.com/products/2f85-140-adaptive-robot-gripper>
- [5] On-Robot Hex 6 tengelyű erő-/nyomatékérzékelő; <https://onrobot.com/hu/termek/hex-ero-nyomatekerzekelo/>
- [6] Node-RED, Flow-based programming for the Internet of Things; <https://nodered.org/>
- [7] BME GPK GTT: Gyártandó termékek, robotos gyártási folyamatok és rugalmas gyártóeszközök meghatározása; Kutatási jelentés; 2018
- [8] BME GPK GTT: Rugalmas gyártóeszközök tervezése és gyártása; Kutatási jelentés; 2018
- [9] JSON (JavaScript Object Notation); <https://www.json.org>