Robotkarral bővített autonóm jármű logisztikai feladatokra

AUTONOMOUS VEHICLE WITH ROBOT ARM FOR LOGISTICS TASKS

ABAI Kristóf rendszerfejlesztő mérnök, dr. NACSA János tud. főmunkatárs, dr. KEMÉNY Zsolt tud. főmunkatárs

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

ABSTRACT

In 2017, the Institute for Computer Science and Control (MTA SZTAKI) began developing an Industry 4.0 pilot system and research environment on the premises of Széchenyi University, Győr. The facility forms a production environment with open workstations supporting collaborative workflows. Logistics tasks of the workflows are in part served by two autonomous guided vehicles (AGVs), one of which is equipped with a robot arm. The paper presents the structure and the functions of the AGVs and their auxiliaries installed for material handling support, results of the first tests, as well as future plans regarding the logistics system components.

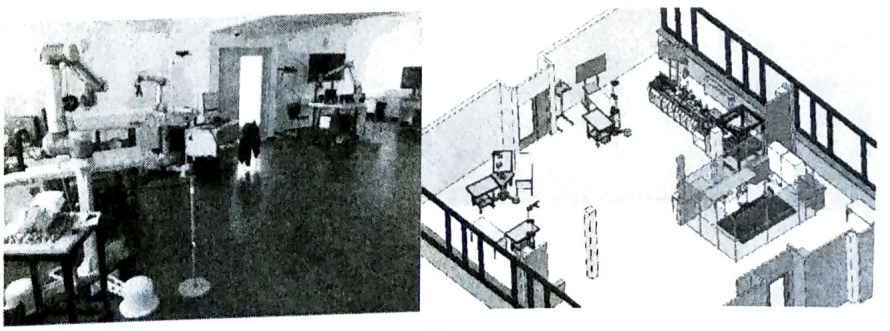
KIVONAT

Az MTA SZTAKI 2017-ben kezdte meg egy Ipar 4.0 mintarendszer és kutatói környezet felépítését Győrben, a Széchenyi Egyetem területén. A robotos munkaállomásokból álló, kollaboratív munkafolyamatokat támogató gyártórendszer logisztikai feladatait részben két autonóm jármű (AGV) látja el, melyek egyikén robotkar is található. Az előadás bemutatja az AGV-k és a rajtuk felépített, anyagmozgatást támogató segédberendezések felépítését, funkcióit, az eddigi tesztüzem eredményeit, valamint a logisztikai rendszerelemekkel kapcsolatos továbbfejlesztési terveket.

Kulcsszavak: AGV, mintarendszer, kollaboratív, logisztika, autonóm

1. BEVEZETÉS

A „negyedik ipari forradalom" jelenleg is érezhető folyamatai már napjainkban is jelentősen befolyásolják az ipari termelést, és a gyártás gyökeres megváltozását vetítik előre a következő néhány évtizedre. A változások számos olyan problémát vetnek fel, amelyek megoldására nem elegendő a jelenlegi elméleti háttér, ezzel egyidejűleg mind az iparban, mind a szélesebb társadalomban ritka az Ipar 4.0 azonnali elfogadottsága, az új technológiák pontos ismerete, és különösen a változások mibenlétének mélyebb megértése. Ezen hiányosságok, akadályok mindenképp szükségessé teszik olyan környezetek felépítését, melyek kézzelfogható, rugalmasan átalakítható rendszerekkel segítik az Ipar 4.0 elveinek gyakorlati bemutatását, az ezzel kapcsolatos mérnöki szemlélet felépítését és megszilárdítását, valamint új technológiák biztonságos, élő gyártási folyamatokat nem veszélyeztető kísérleti vizsgálatát.



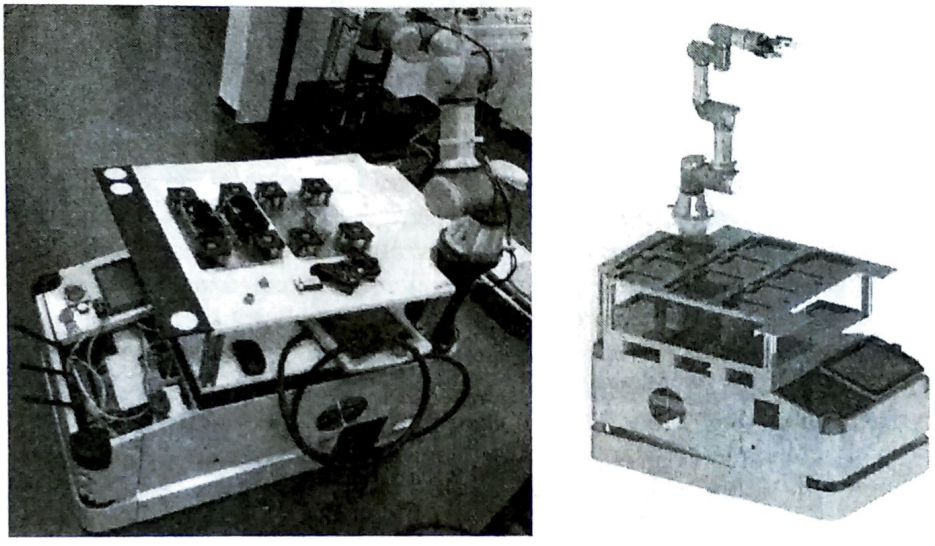
1. ábra

Ipar 4.0 mintarendszer részlete és digitális ikerpárja

Az MTA SZTAKI 2017-ben kezdte meg egy olyan Ipar 4.0 mintarendszer és kutatási laboratórium (1. ábra) felépítését a győri Széchenyi Egyetem területén, amely a fent említett demonstrációs, oktatási, kísérleti

feladatokhoz nyújt infrastruktúrát. A mintarendszerben négy kollaboratív robotos munkaállomás, egy humán szerelő munkaállomás, egy Festo Didactic szerelősor és egy FANUC kétrobotos cella található. Ezeket a fizikailag elkülönülő állomásokat kötik össze az AGV-k, melyek a rendszerben logisztikai, szállítási feladatokat látnak el.

Az AGV kifejlesztésére a BME Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékén került sor [1] egy ún. építőkészlet segítségével, melynek egyik eleme tartalmazta a mechanikai vázat és a beépítésre szolgáló alapelemeket, a másik pedig az AGV informatikai elemeit. Az AGV kialakítása biztosítja, hogy a prototípus további sikeres fejlesztése és tesztelése után akár ipari környezetben is üzembehelyezhető legyen. Az AGV mechanikai tervezése során egy UR3-as robot [2] vezérlője számára elegendő helyet kellett biztosítani az AGV belsejében, valamint a felső lapjának egyik sarkában egy fix területet, ahova a robotkart lehet az AGV-hez rögzíteni. Az AGV első sikeres tesztjei után szereltük fel a robotkar (2. ábra), melyre egy erő/nyomatékmérő [4] és egy 2 ujjas adaptív megfogó [3] került.



2. ábra
Az AGV robottal és felépítménnyel, ill. digitális ikerpárja

2. A ROBOT TÁPELLÁTÁSA

Működéséből adódóan az AGV autonóm tápellátást igényel, mellyel a robot huzamosabb ideig képes villamos hálózati csatlakozás nélkül ellátni feladatait. Ezért az AGV tápellátása két 12 V névleges feszültségű 150 Ah-s akkumulátorra épül, melyek időszakos töltése túlfeszültség- és rövidzárvédelemmel ellátott, beépített töltőáramkörrel történik. Az AGV egyes alrendszerei tápellátásának túláram-védelmét (AGV fedélzeti számítógépei, kerekek teljesítményelektronikája, biztonsági szenzorok és vezérlő, robotkar és vezérlője) külön-külön megszakítók látják el, a kerékmozgató motorok által indukált feszültségcsúcsok ellen pedig gyors túlfeszültség-védelem védi a rendszer egészét.

Az egyes rendszerkomponensek tápfeszültség, áramfelvétel és zavarszűrés tekintetében nagyon eltérő igényeket támasztanak, ezért több független, kapcsolóüzemű DC/DC-átalakító található a rendszerben, melyek bemenete nagyobb feszültség-ingadozásokat tolerál, kimeneteik pedig – a rendszeren később végzendő módosításokra, kísérletekre is tekintettel – rövidzár-biztosak.

Az AGV-re épített UR3 típusú robotkar vezérlője integráltan tartalmazza a robotkar irányítását végző beágyazott rendszer és a teljesítményelektronika ellátásához szükséges tápegységeket. Mivel a robotvezérlő eredeti kivitelében 230 V 50 Hz-es hálózati feszültséget használt, ezért a vezérlőbe integrált tápegységek helyett azok 24 V névleges bemeneti feszültségre méretezett változata került beépítésre (a gyakorlatban ugyanazon tápegység-család megfelelő alternatív típusával történt az eredeti tápegységek kiváltása).

A közeljövő tervei közt szerepelnek a robotkar és segédüzemei energiafogyasztásának modellezését előkészítő mérések, ezért az átalakítások részét képezte a releváns mérési pontok meghatározása, és a biztonságos mérőcsatlakozások előkészítése is. A robotkar a későbbiekben olyan anyagmozgatási, felmérési feladatokat is el fog látni, melyekhez változó konfigurációban kell a robotkarra és a végberendezésre szenzorokat, perifériára helyezett előfeldolgozó egységeket telepíteni, amely esetenként a robotvezérlő és az egyéb perifériák közti kommunikációs csatornák átépítését is szükségessé teheti. Mivel az elhelyezendő komponensek tápellátása nem egységes, ezért a robotvezérlőn belül további kisebb, részben állítható feszültségű DC/DC-átalakítók kerültek elhelyezésre.

3. AGV KOMMUNIKÁCIÓ

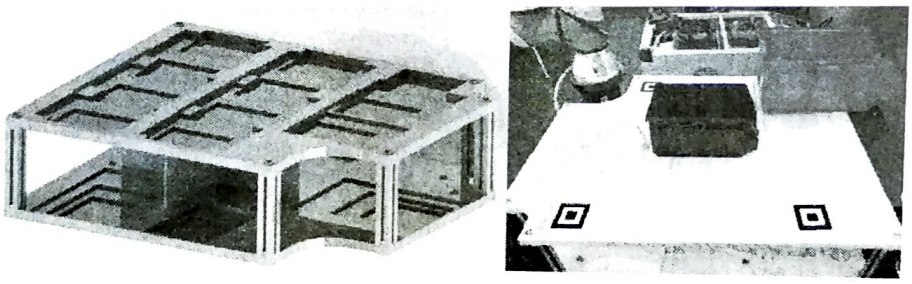
A két autonóm egység környezetével való kommunikációja szorosan összefügg az AGV-k tájékozódásával és pozícionálásával. Mivel nem fix útvonalon (pl. sínpálya vagy mágnescsík követés) mozognak, ezért mindkét AGV- saját szenzorain (Sick lézer szkenner, hajtott kerekek fordulatának mérése) kívül két független forrásból nyernek pozíció információt. Az egyik az UWB technológián alapuló belső helymeghatározási rendszer (IPS) [5], a másik a 12 plafon-kamerára épülő vizuális pozícionáló rendszer [6].

Ezekkel a rendszerekkel saját wifi hálózaton kommunikálnak az AGV-k, melyekbe 1-1 wifi router került beépítésre, az AGV-n belül ehhez kapcsolódik a két vezérlő mikroszámítógép, valamint a robotvezérlő és az erőszenzor. Wifin keresztül megoldott a robot közvetlen irányítása is a mintarendszerben telepített, többi robottal megegyező protokoll segítségével.

4. AGV FELÉPÍTMÉNYE

Az AGV felépítményének feladata, hogy a mintarendszerben található munkaállomásokon elvégzendő szerelési feladatokhoz vagy egyéb technológiai lépésekhez szükséges alkatrészek, alapanyagok, esetleg szerszámok szállítását lehetővé tegye az AGV számára. A felépítmény kialakításának köszönhetően alkalmas a rendszerben használt három különböző méretű szabványos MH doboz szállítására, melyekben az ömlesztett alkatrészeket juttathatjuk el a célállomásokra. Ezen kívül egyedi technológiai paletták helyezhetők az AGV-re, mellyel rendezetten szállíthatunk alkatrészeket az egyes szerelési műveletekhez. A felépítménnyel szemben támasztott követelmények szerteágazók voltak. Az AGV-vel szállítandó egységeknek rögzítés szükséges, hogy az AGV nagyobb sebességgel történő mozgása közben is fixek maradjanak, azokat sérülésmentesen juttathassuk el a célállomásra. Ugyanakkor a rögzítés nem akadályozhatja a robotot a szállított elemek akadálytalan fel- és lerakodásában. Emellett szállítási kapacitásának maximális kihasználhatósága érdekében a felépítmény tömegét minimalizálni kellett a hasznos teherbírás érdekében.

A követelményeknek megfelelő felépítmény (3. ábra) egy kétszintes, felülről és oldalról is rakodható eszköz, melynek szintjei egyenként négy darab 0,5mm-es szendvicspanelként összeállított plexi lemezből állnak. A két szintet alumínium profilokkal kötöttük össze, azonban ez még nem adna megfelelő merevséget a felépítménynek, így egy plexi merevítő kereszttel láttuk el a felépítményt, melynek ezáltal a teherbírása is jelentősen megnövekedett.



3. ábra

A felépítmény modellje és az MH dobozok az AGV-n

A plexi lemezek lézerrel kivágott fészkeinek köszönhetőnek minden réteg más méretű MH doboz, vagy paletta befogadására alkalmas. A fészek oldalirányú elmozdulás, vagy elfordulás ellen biztosítja a szállított elemeket, azonban függőlegesen a robot, vagy az operátor akadálymentesen fel- és le tudja rakodni a felépítményt. A fészkek kiosztásánál és kialakításánál ügyelni kellett, hogy minden fészek mind a négy oldalról támassza a dobozt, illetve a felfekvési sík a dobozok bármilyen tömegeloszlásánál megfelelően stabilan tartsa a rakományt.

A felépítmény magassága miatt, a robotkar munkaterének kedvezőbb kihasználása érdekében, a robotkart egy stabil „magasító" oszlop segítségével szereltük fel.

5. ELSŐ TESZTEK ÉS TOVÁBBI TERVEK

A legelső választott tesztfeladat két közepes méretű MH doboz (1 és 2) folyamatos pakolása volt az AGV felépítményén levő három választott pozíció (A, B, C) között az alábbi módon. Kiindulás 1A, 2B állapot után a pakolási sorrend: 1C, 2A, 1B, 2C, 1A, 2B, amely akárhányszor ismételhető. A tapasztalat azt mutatta, hogy bármilyen pontos kézi betanítás mellett is a műanyag dobozok minimális különbözősége és megfogásának bizonytalansága miatt egy idő után (akár 30-50 ismétlés) a dobozok nem kerültek be a fészekbe pontosan,

ami a hiba akkumulálásához vezetett. Többször a robot leállása is megtörtént ún. „Protective Stop"-pal. Ez az egyszerű pozícionálási feladat is megmutatta, hogy a kissé rugalmas alkatrészek esetében (MH doboz) szükséges az ébredő erők mérése a pakolás során.

Ez a tapasztalat azt is jelenti, hogy az AGV beállási pontatlansága miatt, amely cm-es nagyságrendű, a pakolás egy állomásról vagy raktárból az AGV-re nem lehetséges fixen rögzített robot koordinátákkal, csak szenzorok (vizuális és/vagy erő) alkalmazásával. Ennek a fejlesztése megkezdődött.

Az UR3-as robot méretei miatt nagyon közel kell állni ahhoz az asztalhoz, polchoz, ahonnan a tárgyat el kell venni, vagy amire le kell tenni. Mivel a már a legkisebb MH doboz mérete is meglehetősen nagy az UR3 mozgási tartományához viszonyítva, szükséges a mozgáspályák megtervezése. A munkaasztalokon egyetlen átadó pozíció került kijelölésre, a raktár pedig teraszos kialakítással készült el, így több dobozt is el tud érni a robot úgy, hogy bármelyiket mozgatva a többi ne legyen útban. A raktárként funkcionáló polcokon a tárolókat úgy alakítjuk ki a későbbiekben, hogy pontatlanul letéve a dobozt, mégis csak a megfelelő fészekbe érkezzen. Ennek megvalósítása 3D nyomtatott segédelemek rögzítésével lehetséges.

Természetesen a jövőben olyan pakolási megoldásokat is szükséges lesz tesztelni, amikor az egyes munkaállomásokon használt statikus robot pakol közvetlenül az AGV-re, mivel ezek a robotok jóval nagyobb elérhető mozgástartománnyal, és hasznos teherbírással rendelkeznek.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutatást a GINOP-2.3.2-15-2016-00002 azonosító számú, „Ipar 4.0 kutatási és innovációs kiválósági központ" projekt támogatta.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] BME KJK ALRT: Vezető nélküli anyagmozgató gép fejlesztése demonstrációs mini gyártó- és logisztikai rendszerhez; Kutatási jelentés; 2018
[2] Universal Robot UR3; https://www.universal-robots.com/hu/term%C3%A9kek/ur3-robot/
[3] RobotIQ 2F-85 Gripper; https://robotiq.com/products/2f85-140-adaptive-robot-gripper
[4] On-Robot Hex 6 tengelyű erő-/nyomatékérzékelő; https://onrobot.com/hu/termekek/hex-ero-nyomatekerzekelo/
[5] Optimized Mobile Technologies Laboratory; https://omt.hu/references
[6] BME KJK ALRT: Intelligens anyagáramlási csomópont fejlesztése demonstrációs mini gyártó- és logisztikai rendszerhez; Kutatási jelentés; 2018