

AGV KIBER-FIZIKAI NAVIGÁCIÓS RENDSZER

CYBER-PHYSICAL NAVIGATION SYSTEM OF AGV

Erdei Timotei István¹, Zsolt Molnár², Nwachukwu C. Obinna³, Husi Géza⁴

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Villamosmérnöki és Mechatronikai Tanszék, Cím: 4028, Magyarország, Debrecen, Ótemető u. 2-4;

¹timoteierdei@gmail.com

²zsolt.molnar94@gmail.com

³chuchuobinna@gmail.com

⁴husigeza@eng.unideb.hu

Abstract

In the XXI.st Century the application of mobile robots has a decisive role in production process, mainly in logistics & material handling tasks. Due to globalization the intralogistics, industrial networked devices, timed processes, induced the Industry 4.0/IoT. The first step to full automation of industries will be the cyber-physical navigation system of AGVs.

Keywords: *AGV, Image processing, Augmented reality; ARma; OpenCV; Timotei-Robotics*

Összefoglalás

A XXI. századra a mobil robotok alkalmazása a gyártástechnológiában meghatározó szerephez jutott, a logisztikai és az anyagmozgatási feladatok tekintetében. A globalizáció következtében az intralogisztika, a hálózatba kötött ipari eszközök és az időzített folyamatok egységesen indukálták az Ipar 4.0 és az IoT megjelenését. Az AGV-k kiber-fizikai navigációs rendszere lesz a következő lépcsőfok az ipari létesítmények teljes automatizálása felé

Kulcsszavak: *AGV; képelemzés; Augmented reality; ARma; OpenCV; Timotei-Robotics*

1. Bevezetés

A megnövekedett élők munkaidő, magával hozta arányosan a munkadíj költségek növekedését is. Ezért kiemelt prioritást kell, kapjon az anyagmozgató robotok nagyobb számban való bevonása a termelési folyamatokba.

A világon több cég is forgalmaz AGV anyagmozgató robotokat, megfelelően kidolgozott technikai háttérrel. Sajnos ezen AGV-k navigációs irányító rendszere zárt „cég specifikus” és csak önmagukkal kompatibilisek. A gyártók kihasználva ezen

előnyüket, a beszerzési és telepítési költségeket magasan tartják. Ezen üzletpolitikára vezethető vissza az AGV mobil robotok minimális jelenléte az ipari létesítményekben, az élők munkához képest.

Az intralogisztikai feladat, amiknek egy adott AGV-nek meg kell felelnie rendkívül komplex, mivel a mindenkori termelési ciklushoz kell alkalmazkodnia, ami több szakterületet is igénybe vesz, úgy, mint informatika, rakodástechnika/szállítás és kommunikáció. Ezen területek élők munkával történő összehangolása nagy rizikó faktort

jelent, ami egy automatizált AGV rendszerrel minimalizálható.

A fő célkitűzésünk egy egyedi kiber-fizikai rendszer megalkotása volt, ami interaktív kapcsolatban van környezetével és az általunk megalkotott számítási rendszerrel. A vizsgálat tárgyát képezte továbbá projektünkben, hogy egy automatizált vezetősű jármű, ami saját fejlesztésű képfeldolgozáson alapul, Augmented Reality technikát alkalmazva, eredményesebben és költséghatékonyabban látják-e el, egy zárt, fedett területen az anyagmozgatási feladatokat, komoly „irányítási infrastruktúra” kiépítése nélkül, szemben az „élő” munkával.

1.1. KUKA KR5 megfogó vezérlése

A Debreceni Egyetem Épületmechanikai Kutatóközpont Robotlaborjába egy KUKA KR5 hegesztő robot került telepítésre/beüzemelésre.

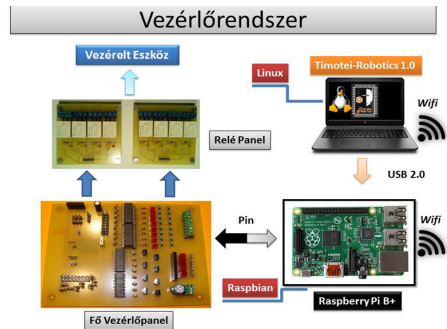
A konstrukció maga ipari célokra lett kialakítva ívhegesztéshez, gyors és precíz mozgásra képes, relatíve nagy munkaterület mellett [1].

A projektfeladat végrehajtása szükségessé tette, a KUKA KR5 megfogó rendszer átalakítását, hogy alkalmas legyen anyagmozgatásra. Ennek érdekében egy Japán, Humphrey H040-4E2 típusú elővezérelt elektro-pneumatikus bistabil szelepre esett a választás, ami 2-től 7 bar-ig és 24V egyenfeszültség mellett üzemel [1]. A vezérelhető szelep egy GRIP GmbH megfogóba került beépítésre. Ennek megvezérléséhez egy saját fejlesztésű vezérlőrendszer lett alkalmazva, a TiMo Board, ami alkalmas ipari pneumatikus/hidraulikus szelepek vezérléséhez, korábban kisebb gyártósori célkák vezérlésénél már bizonyított.

Mivel TiMo Board, kialakítása révén hálózatba kötve is programozható és felügyelhető, ezért az Ipar 4.0/IoT szempontokat figyelembe véve, egy saját Linux Disztribúciót hoztunk létre a Timotei-Robotics-et, mivel a Linux alapú rendszerek a

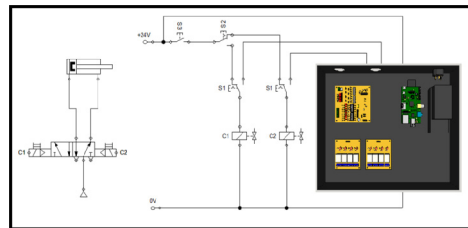
package és security frissíték miatt nagyobb védelmet élveznek a hálózatra kötött, beágyazott rendszereknél.

Az OS maga személyi számítógépekre telepíthető, amik rendelkeznek a minimális rendszerkövetelményekkel (700 MHz x64 CPU, 512 MB RAM, 8 GB HDD/SSD szabad hely). Esetünkben egy közép kategóriás Notebook-ra került feltelepítésre. A TiMo Board másik alappillére a saját OS-n való kommunikáció mellett egy Raspberry Pi B+ modell [2].



1. ábra. Programozható beágyazott rendszer

Amikor programozzuk a vezérlőpanel (TiMo Board), akkor a programot a Notebook-on a Timotei-Robotics OS-en írjuk, szabvány PLC létra diagramban, majd a megírás után generálunk egy programkódot, ami Raspberry Pi B+ -hoz kerül kiküldésre. A TiMo board vezérlő panel beépítésre került a KUKA KR5 ipari robot pneumatikus megfogó elektromos körébe, ami az alábbi ábrán látható:



2. ábra. TiMo Board - KUKA KR5 megfogó

2. ARma & OpenCV

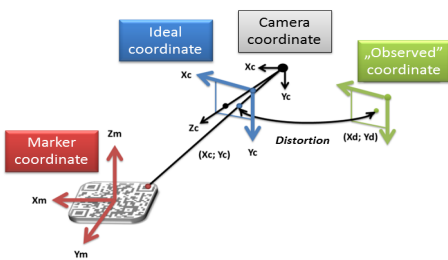
Ahhoz, hogy az Épületmechanikai Kutatóközpontot, mint “Intelligens Tér” –ként (iSpace) [4] tudjuk kezelni, szükség van vision szenzorra és képelemzési feladatokat ellátó részegységre.

A képelemzési feladatokat az OpenCV, Real-Time képelemző, platform független program látta el. Amibe integrálásra került az ARma extended könyvtár, így lehetőségünk nyílt AR alapú képelemzést végezni.

A kiterjesztett valóság más néven AR, rendkívül komplex képelemzési feladat, mivel tényezők együttese kell, hogy megfeleljen a használatakor. Első körben el kell készíteni az adott 3D modellt, aminek részletességét a mindenkor poligon szám határozza meg. Ez a modell kerül beágyazásra egy QR-Code-ba, amiből az OpenCV-ARma [3] képes dekódolni a 3D modellt.

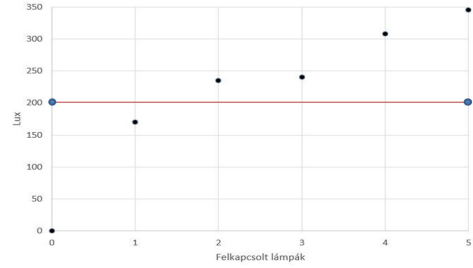
Az AR esetén a „Marker” –nek használt QR-Code koordináta rendszere határozza meg, hogy a korábban elkészített és kódba ágyazott 3D modell milyen pozícióban kerül leképezésre.

$$U = \frac{dX}{dt} = \left(\frac{dY}{dt}, \frac{dZ}{dt} \right)^T \quad (1)$$



3. ábra. Kamera, objektum pozíció detektálása

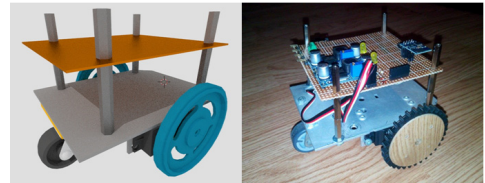
Az OpenCV-ARma teszthez először 2 MPx-es USB 2.0 kamerát alkalmaztunk. Továbbá a tesztkörnyezet a Robotlabor volt, mivel jól szabályozható fényviszonyokkal rendelkezik, ami kulcsfontosságú kritérium.



4. ábra. LUX – mérés-detektálás függvényében

Az elvégzett mérések alátámasztották, hogy legalább 200 Lux feletti értéknek kell lennie az adott terület fényerősségének, hogy egy 2 MPx-es kamera is alkalmas legyen dekódolásra. A későbbi éles teszthez vision szenzornak egy 16 MPx-es, Linux-Android középkategóriás telefont választottunk.

Ezt követően megtervezésre/ megépítésre került egy mini AGV robot, ami könnyen újratervezhető, költséghatékony és kategorikusan a projektfeladat elvégzésére alkalmas.

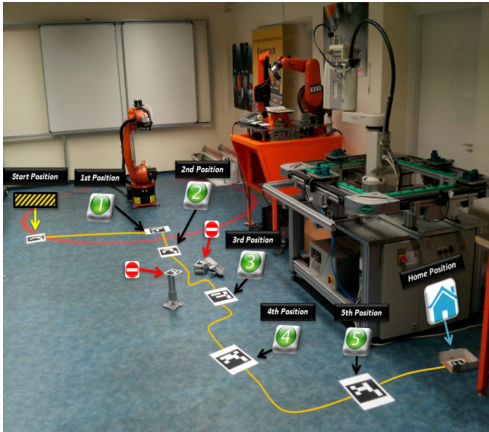


5. ábra. Mini AGV prototípus robot

Az AGV prototípus áramkörében egy Arduino Nano, két LM2596 DC step-down konverter, két szervomotor, és egy ESP8266 Wi-Fi-Serial modul található [5].

3. AGV AR virtuális navigáció

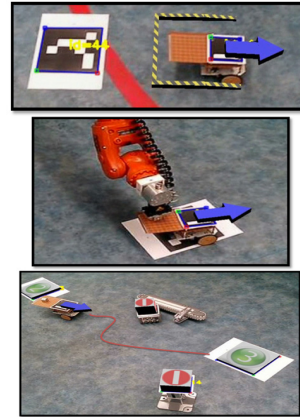
A teszteléshez a Robotlabor lett kiválasztva, mint izolált és szabályozott környezet. Azért, hogy a területet iSpace-ként alkalmazhassuk, kinyomtatásra és elhelyezésre kerültek a QR-Code-ok/Marker-ek. Az elhelyezett QR-Code-ok mindegyikre egyedi parancsot tartalmaz az AGV számára, és jól kategorizálhatóak, így az útvonalat könnyen kijelölhetjük számára.



6. ábra. Robotlabor - "Intelligens Tér" (iSpace)

Az AGV meghatározott feladata az volt, hogy a QR-Code által meghatározott „Start” pozícióból a „Home” pozícióba jusson el, útba ejtve a „Pozíció 1-et, ahol a programban megadott ideig várakozik, míg a KUKA KR5 ipari robot megfogójába befogott és az általunk TiMo Board, PLC létrában programozott megfogó le nem teszi a szállítandó fém kockát az AGV-re, majd ezután, 2, 3, 4, és 5, pozíció markeret veszi célba. A „Tilos” jelzésű Markerekkel jelölt objektumokat pedig meghatározott távolságban kerüli el. Az AGV-n található Marker célja a jármű pozíciójának a meghatározása, mivel nem volt szükség külön helymeghatározó szenzor beépítésére.

A létrehozott rendszer komplex, mivel az IP kamera a Linux-Android telefon, aminek videostream-jét Wi-Fi-n keresztül sugároztuk egy zárt, saját hálózat számára. A hálózat csomópontját egy TP-LINK TL-841N Wi-Fi router képezte [6]. Erre csatlakozott az AGV, szintén vezeték nélkül és az OpenCV-ARma szoftvert futtató laptop is. Ha a hálózaton lévő okostelefon kamerájának látószögébe kerül valamelyik kód, akkor a laptop dekódolja a kódhoz rendelt textúrázott 3D modellt és parancsot, amit ezután az AGV kategorikusan végrehajt.



7. ábra. AGV AR alapú navigáció

4. Következtetések

A létrehozott AR kiber-fizikai navigációs rendszer első teszt futtatását követően egyértelművé vált, hogy nincs szükség külön szenzorokra, az általunk kidolgozott AGV navigációs rendszer számára, mindegyike hálózatra kötött IP kamerákra. Továbbá a kinyomatott kódok áthelyezésével újratervezhető/bővíthető az AGV útvonala. A kiépített rendszer új távlatokat nyithat meg az AGV robotok navigációjában, mivel nem igényel komolyabb beruházást és az ipari létesítmények jelentős hányada biztonságtechnikai szempontok miatt IP kamerákkal van felszerelve, így a rendszerünk könnyen és üzembiztosan integrálható/alkalmazható és minimális beüzemelési költségekkel jár.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] G. Husi: *Position Singularities and Ambiguities of the KUKA KR5 Robot* - International Journal of Engineering Technologies, Vol.1, No.1, 2015
- [2] <https://www.raspberrypi.org/> (2017.01.10)
- [3] <http://opencv.org/> (2017.01.11)
- [4] Hashimoto Hideki, Szemes Peter: *Ubiquitous sensory intelligence* Budapest, Magyarország, 2003.12.12-2003.12.14. pp. 73-86.
- [5] <https://www.arduino.cc/> (2017.01.12)
- [6] http://www.tp-link.com/hu/products/details/cat-9_TL-WR841N.html (2017.01.14)