

MEZŐGAZDASÁGI ROBOT FEJLESZTÉSE ÉS JÖVŐBELI BŐVÍTHETŐSÉGE DEVELOPMENT AND FUTURE EXPANDABILITY OF AN AGRICULTURAL ROBOT

Tóth Mihály

Debreceni Egyetem, Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési Kar
Informatikus és szakigazgatási agrármérnök BSc szak III. évfolyam

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatom témájaként a mezőgazdasági robotokkal való eddigi kutatásokat és kísérleteket vizsgáltam. Az eredményeket megfigyelve elkészítettem egy „scout robot”, azaz adatgyűjtő robot alapjait, majd ezzel különböző kísérleteket végeztem. Alapvetően két platformot használtam a kísérletek megvalósításához. Az első a Lego Mindstorms NXT által biztosított platform, míg a másik az Arduino által forgalmazott platform. Elsődleges cél az irányítás megvalósítása volt. Az irányítás kapcsán autonóm és távvezérelt irányítási modellekkel is kísérleteztem. Az autonóm irányítás fő működését egy 4 koordináta által bezárt területen történő pásztázó mechanizmus biztosítja, amely egy terepakadály kikerülő mechanizmussal került kibővítésre. A távvezérelt irányítási módot a Microsoft Kinect eszköz segítségével hoztam létre. Emellett foglalkoztam az élő és belső adatgyűjtés által biztosított lehetőségekkel. Az adatokat területi egységhez és időpontra vonatkoztatva elmentettem, majd feldolgoztam.

Az eszközök mikroelektronikai hátterének megismeréséhez, illetve a megfelelő bővíthetőség érdekében kezdtem el kísérletezni az Arduino által biztosított alaplapokkal. Az eszköz programozásának megismeréséhez 4 programot hoztam létre, amely felhasználja az összes használatomban lévő szenzort, beleértve az ultrahangos távolságmérőt, hőmérsékletmérőt, páratartalom mérőt és talajnedvesség mérőt.

A fejlesztési lehetőségek kapcsán megemlítsre kerül egy saját tervezésű alaplap és egy moduláris rendszer létrehozása, amely egy saját tervezésű vázba kerülne beépítésre.

Kulcsszavak: robotika, autonóm, adatgyűjtés, Mindstorms, Arduino

ABSTRACT

I studied more researches about agricultural robotics. Based on these researches, I made the foundations of an agricultural scout robot. I used two platforms for the experiments. The first one was the Lego Mindstorms NXT platform, the second one was the Arduino motherboard (including UNO and MEGA versions). My primary goal was to achieve more navigation models. I experimented with autonomous and remote control models as well. The main function of the navigation mechanism for autonomous model provides a scanning algorithm, which scans the terrain closed by four coordinate. This program also contains a terrain obstacle handling mechanism. I used a Microsoft Kinect device to achieve the remote controlled mode. I discovered the possibilities offered by the interior and live data collection. The collected data was saved with territorial unit and a timestamp.

To study the background of the microelectronic devices, I started experimenting with motherboards provided by Arduino. I created four programs for the platform, which uses all of my current sensors, including the ultrasonic distance sensor, temperature sensor, humidity sensor and soil moisture sensor.

As for the future plans I mention the development opportunities of building a custom-designed motherboard and a modular system that would be installed in a custom-designed chassis.

Keywords: robotics, autonomus, data logging, Mindstorms, Arduino

BEVEZETÉS

Napjainkban az informatika az egyik leggyorsabban fejlődő ágazatnak tekinthető. Ennek köszönhetően bármerre is járunk, szinte mindenhol észlelhetjük jelenlétét. Az ágazat elsődleges célja a munkánk könnyítése és a precízebb eredmény elérése. Amikor a munka és az informatika kapcsolatát említem legtöbbször különböző irodai célú alkalmazásokra és segédprogramokra gondolunk. Sajnos azonban még kis mértékben vannak kihasználva a mezőgazdaságot segíteni képes informatikai eszközök. Ilyenek lehetnek a különböző nyilvántartó, tervező, vagy szakértői rendszerek. Ezen felül speciális hardverelemeket is említve beszélhetünk különböző nyomvonal-tartást elősegítő eszközökről is, melynek segítségével precízebben tudjuk elvégezni a különböző műveleteket, az időjárástól és egyéb külső körülménytől függetlenül (I1). A sort még több példával lehetne folytatni, ám a témánk a mikroelektronika és az informatika egy speciális ágát kívánja felhozni. Ez a téma a robotika. A robot fogalmi szinten egy előre meghatározott programot futtató elektromechanikus rendszer.

A mezőgazdasági robotokkal való kísérletezés régóta foglalkoztatja az embereket. Mi sem nagyobb bizonyíték rá, mint hogy már az 1950-es években kísérleteztek vezető nélküli traktorral. Ám az áttörés az 1980-as években következett be, amikor a CMOS technológia segítségével autonóm, optikai úton vezérelt traktorral kísérleteztek.

A napjainkban jellemző eszközök (mint a nyomvonal-tartást segítő technológiák) a precíziós mezőgazdaság témakörébe tartoznak, ám jelen esetben érdemes foglalkozni a phytotechnológia fogalmával, amely egy növényt tart vizsgálati egységnek (BLACKMORE, 2013). Számos munkafolyamat elvégezhető a kisebb, saját vázzal rendelkező robotok segítségével. Ilyen például az adatgyűjtés, vetés (I2), mikropermetezés (SØGAARD et al., 2006), öntözés, multispektrális fényképezés (I3) és egyes publikációkban megfogalmazódik a szelektív betakarítás gondolata is (BLACKMORE, 2013). A technológia használatával nem csak a precizitást érdemes megemlíteni, hanem a költséghatékonyságot is. Bizonyos mérések szerint a célzott mikropermetezés segítségével a 720g/ha mennyiségű gyomirtó helyett az eszköz mindösszesen 1g/ha mennyiségű vegyszert használt fel (PEDERSEN, 2008).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Célom a mezőgazdaságban hasznosítható robot alapelveinek vizsgálata, majd egy ilyen eszköz modelljének elkészítése. Elsőként az egyik legfontosabb tényező, az irányítási algoritmus kerül tanulmányozásra, majd elkészítésre. Ezek után foglalkozom az adatgyűjtés által nyújtott lehetőségekkel is.

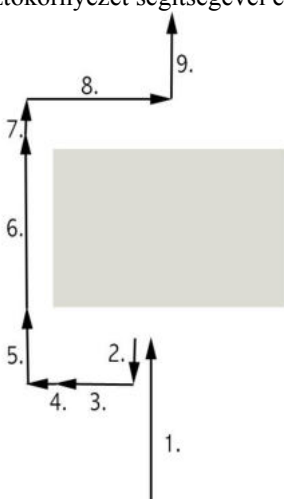
Az egyik legfontosabb tényező egy ilyen rendszer elkészítésénél maga a vezérlő, a mikrokontroller, illetve a disztribúciójának megválasztása. Ez alapjából határozza meg az elkészült eszközünk műveletvégzési sebességét, illetve ami még ennél is fontosabb, a bővítési lehetőségeit. Ezen a téren a Lego Mindstorms NXT 2.0 eszköz került kiválasztásra. A gyártó hallatán egy játékra gondolhatnánk, mivel a cég a 20-as évek óta játékgyártással foglalkozik. Ám itt többről van szó. A Lego felmérte a kor igényeit és létrehozta a teljesen moduláris, mikrokontroller által vezérelt „intelligens téglát”. Az eszköz általam használt kiadása 4 szenzor csatlakoztatására alkalmas portot (csatlakozót) és 3 szervomotor fogadására alkalmas portot tartalmaz. Ez a mennyiség különböző külső eszközök segítségével bővíthető, ám jelen célból teljesen elegendő ez a mennyiség is. A rendszerhez a gyárilag mellékelt szenzorokat és kiegészítőket használok a költségkímélés végett. Érdemes megemlíteni, hogy a rendszerhez kapható speciális szenzorok ára igen magas.

Többek között ezen probléma megoldására kezdtem kísérletezni az Arduino rendszerrel, illetve a hozzá csatlakozó kiegészítőkkal. A kísérletezés során az Arduino Uno és Arduino Mega alaplapokat használtam különböző szenzorokkal és kiegészítőkkal.

EREDMÉNYEK

Az NXT 2.0 platform és a hozzá biztosított szenzorok segítségével létrehoztam egy alapvetően autonóm és távvezérelt irányítási modellt.

Egy ilyen program hatékony működéséhez több modul együttes futására van szükség. Az első ilyen modul egy terepakadály kikerülési funkciót takar. A program futása során folyamatosan mintavételezés történik az első portra csatlakoztatott ultrahangos távolságmérő segítségével. A szenzor pontossága nem kiváló, ám mivel nem precíz mérést végzünk vele, a célra teljesen megfelel. Precízebb mérések esetén mérlegelendő infravörös vagy lézeres távolságmérő használata, de figyelembe kell venni ezek szűkebb látószögét. Amennyiben a távolságmérő szenzor 10 cm-nek megfelelő értéket jelez a mikrokontrollernek, lassítás történik, majd 5 cm-nek megfelelő értéknél teljes megállás. A lassítási ciklus a szervomotor megerőltetésének elkerülése végett van beépítve. A megállás után egy harmadik szervomotor, melynek tengelyén az ultrahangos távolságmérő található, 90 fokot balra, majd 180 fokot jobbra fordul, ezzel biztosítva a szenzornak a megfelelő látószög elérését. A fordulás közben mintavételezés történik, majd ezek értéke összehasonlításra kerül. Ekkor egy függvény eldönti, hogy melyik oldal kevésbé akadályozott, majd ebbe az irányba fordul az eszköz a két, hajtást elősegítő szervomotor segítségével. Az ultrahangos távolságmérő a tárgy felé fordul, majd azt gyakorlatilag letapogatva kikerüli azt. A művelet lefutása után az eszköz ugyan abba a nyomvonalba kerül vissza, ahonnan elindult, csak az elé kerülő tárgy másik, immáron szabad mozgást biztosító oldalán. Ez annak köszönhető, hogy a nyomvonalról való kitérés elkezdésekor (1. ábra, 3. és 4. pont) fél tengelyfordulásnyi mozgások ismétlődnek az adott érték (jelen esetben megfelelő mennyiségű szabad hely, amely a terepakadály végét jelzi) bekövetkeztéig. Ez az érték a másik oldalon történő visszatérés során (1. ábra, 8. pont) kerül felhasználásra. A kikerülést segítő program az NXT-G, gyárilag biztosított fejlesztőkörnyezet és ROBOT C fejlesztőkörnyezet segítségével egyaránt el lett készítve.



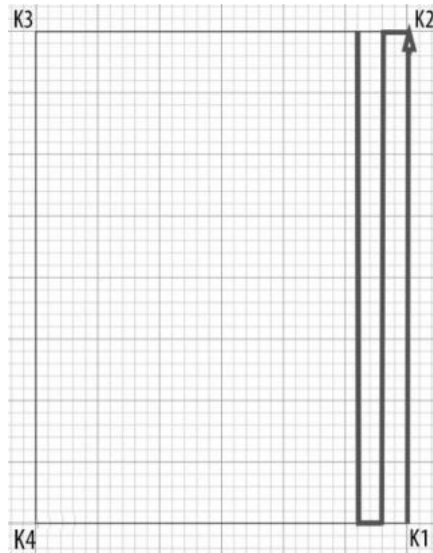
1. ábra: A terepakadály kikerülését végző mozgás

Forrás: Saját szerkesztés

Az irányítás teljes autonóm működéséhez szükség van egy GPS rendszer általi irányításra. Ennek elkészítéséhez a Dexter Industries dGPS eszközhöz (I4) tervezett programblokkokat hívtam segítségül. A program futásának megkezdésekor meg kell adnunk négy koordinátát, melynek segítségével meg tudunk határozni egy területet. A koordináták megadása történhet a régebbi mobilkészülöknél használatos bluejacking technikával, illetve közvetlen méréssel egyaránt.

Az eszköz a koordinátákat külön változóba menti, majd ennek segítségével végzi el a navigációt, illetve a szükséges matematikai műveleteket. Kezdetben a 2. ábrán jelzett K1 és K2 pontot határozza meg bejárando területként. Majd a K2 területhez érve történik egy meghatározott mértékű koordináta eltolás, melynek segítségével a K2-K3 és K1-K4 egyenesen keletkezik két új pont. Ezt a két pontot összekötve egy új egyenest kapunk, amely az előzőhöz hasonlóan újra bejárható az ellenkező irányba. Ez a folyamat addig ismétlődik, míg a K2 és K1 folyamatosan változó koordinátája nem lesz megközelítőleg azonos a K3 és K4 koordinátájával. Ezekkel a lépésekkel biztosítjuk az adott földterületre vetített pásztázó mozgást.

A program, ugyan úgy, mint az előbbieken bemutatott kikerülési mechanizmus, rengeteg módon finomítható, ám a szűkös, mindössze 64 kbyte-os programmemória meggátolja ezt. Erre megoldás lehet a későbbiekben említett platformok használata.



2. ábra: A pásztázó mozgás szerkezete

Forrás: Saját szerkesztés

A pásztázó mozgás során gyakorlatilag bármilyen műveletet el tudunk végeztetni az eszközzel, amennyiben szoftver és hardver tekintetében is specializáltuk erre. Esetünkben talán legegyszerűbb ezt adatgyűjtési eljárással prezentálni. Adatgyűjtés tekintetében beszélhetünk terület-egységhez kötött adatokról, mint például a talajnedvesség, illetve időhöz kötött adatokról, mint például a hőmérséklet és páratartalom. Élő adatgyűjtés esetén az eszköz közvetlenül kapcsolódik egy számítógéphez, majd erre a mintavételezési frekvenciának megfelelően küldi az adatokat. Ez a módszer leginkább tesztesre alkalmas. Másik módszer a belső adatgyűjtés, mely során mintavételezési frekvenciának megfelelően, vagy adott esemény bekövetkeztekor történik adatgyűjtés, amely a belső memóriában kerül tárolásra. A memória tartalma bármikor kiolvasható, majd az adatokból statisztika készíthető. Erre alkalmas lehet egy egyszerű táblázatkezelő program. Érdekesképpen, ha csak a GPS adatokat mentjük el, a szélességi, hosszúsági és magassági koordinátákból egy 3 dimenziós térképet tudunk készíteni, mely alkalmas különböző paraméterek meghatározására (Például: víz lefolyási iránya, belvíz kockázat).

A távvezérelt irányítást a Microsoft Kinect mozgás digitalizálását szolgáló eszköze segítette. A FAAST segédprogrammal közreműködve (15) a testünk egészének, vagy részének digitális leképezésével az adott elmozdulásoknak megfelelően utasításokat tudunk kiadni. Jelen esetben a magunk elé helyezett ökolbe szorított kezeinkkel tudjuk reprezentálni a két meghajtást és irányí-

tást elősegítő szervomotorok teljesítmény mutatóit. A kezünk előre és hátra mozgásával vagyunk képesek az értékeket módosítani és ezzel az irányítást megvalósítani.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A továbblépéshez két kutatási-fejlesztési irány adódik. Az első a Lego Mindstorms platform által biztosított lehetőségek kihasználása. Ebben az esetben mindenképp szükség lenne különböző, az agrár-ágazatban is hasznosítható szenzorok beszerzésére. Erre lehetőséget biztosít a Vernier webáruháza (16), ahol számos szenzort és kiegészítőt tudunk vásárolni. Egy költségkalkuláció segítségével meghatároztam, hogy amennyiben a két rendszert azonos kísérletezésre alkalmas funkcionális szintre hozzuk, az NXT platform esetében 142.800 Ft költséget jelent, míg a későbbiekben említésre kerülő Arduino rendszer esetén ez a költség mindössze 37.966 Ft.

A platformokat összehasonlító kísérletek során is világossá vált, hogy a Mindstorms NXT platform leginkább programozási algoritmusok modellezésére alkalmas. Ez a tény köszönhető a rendszer által kínált moduláris csatlakozónak, amely bizonyos mértékben könnyítés, de bizonyos mértékben gátolja a bővítést, illetve korlátot jelent a drága szenzorválaszték miatt. Amennyiben egy konkrét, specifikus célt szolgáló rendszert szeretnénk elkészíteni, mindenképp szükség van az Arduino platform alkalmazására, majd az ezzel kapcsolatos kísérletek elvégzésére, melyek segítségével megismerhetjük a rendszerek mikroelektronikai működését. Ezáltal lehetőségünk nyílik egy teljesen egyedi rendszer előállítására, mivel az Arduino eszközök gyakorlatilag az Atmel mikrokontrollerekhez való csatlakoztatást elősegítő felületnek tekinthetők.

A kísérletezések már elkezdődtek az Arduino Uno és az Arduino Mega segítségével. A kettő alaplap mikrokontrollerének sebessége gyakorlatilag ugyanaz, ám míg az UNO 16 digitális és 6 analóg csatlakozólábbal rendelkezik (17), a MEGA esetében ez 54 digitális 16 analóg ki és bemeneti lábat jelent. Felhasználható memória kapcsán is jelentős a különbség, ugyanis az UNO-ban található ATmega 328p kontroller 32 kbyte, míg a MEGA-ban található ATmega 2560 kontroller 256 kbyte programmemóriával rendelkezik. (18) Mivel még nem rendelkezttem elég szervomotorral egy, az előzőekhez hasonló rendszer előállításához, próbáltam az eszköz programozási technikáiba belemerülni, ezzel pedig teljesen megismerni az eszköz által nyújtott lehetőségeket. Érdemes megemlíteni, hogy az NXT-nél biztosított kényelmi funkciók, mint a moduláris csatlakozás, különböző automatikák, csatlakoztatási felületek, nyomógombok itt abszolút nem találhatóak meg. Egy nyers mikrokontrollert kapunk, melyet célunknak megfelelően tudunk programozni és felépíteni.

Az első ilyen program folyamatosan adatokat gyűjt a különböző, rendelkezésre álló szenzorok segítségével. Ilyen a hőmérséklet mérő, páratartalom mérő, ultrahangos távolságmérő és talajnedvesség mérő. Adott adatokat kilistáz az I2C buszra csatlakoztatott kijelzőre, illetve minden adatot kilistáz a soros monitorra (a csatlakoztatott számítógép segítségével). Amennyiben a megfelelő szenzorokon értékváltás történik, különböző módon reagál az eszköz.

A második program egy terminálalkalmazás. A soros porton rövid parancsokat vagyunk képesek az eszköz felé továbbítani, majd ezekre válaszul az adott parancs jelentésének megfelelő szenzor pillanatnyi mért adatát kapjuk vissza.

A harmadik program az ágazathoz közelebb álló alkalmazás. Egy üvegház automatizálási algoritmus alapjait mutatja be. A DHT11-es hőmérséklet és páratartalom mérő eszköz 1 másodperces mintavételi frekvenciával szolgáltat adatot az eszköz részére. Ezek az adatok kiírásra kerülnek a 16x2 karakteres kijelzőre, illetve a soros monitorra is. Emellett SD kártyára is elmentésre kerülnek időbélyeggel együtt egy DS1302 óra IC segítségével. Amennyiben a páratartalom eléri a programban meghatározott értéket, két relé segítségével bekapcsolásra kerül egy tápegység, illetve egy hozzá csatlakoztatott eszköz, ami jelen esetünkben egy ventilátor. A dolgozat megírása óta ez a küszöbérték módosítható egy potenciométer, vagy nyomógombok segítségével.

vel, illetve a relék nyitása és zárása felülbíráható RFID kártyák segítségével. Jelenleg különböző szenzorok vezeték nélküli csatlakoztatásán dolgozom.

A negyedik program az I2C busz lehetőségeit mutatja be több eszköz összekapcsolása segítségével. Jelen esetünkben az UNO alaplap került összekötésre egy általam készített Atmel alapokra elkészült alaplappal. Ennek ISP programozása után hoztam létre a két eszköz kommunikációját.

Erre azért van szükség, hogy a későbbiekben alkalmazott saját tervezésű nyomtatott áramkör elkészítéséhez megfelelő tapasztalat álljon rendelkezésre.

Fejlesztési lehetőség lehet továbbá az új platform egy saját, strapabíró vázba való építése. Ezzel kapcsolatos kísérleteim már jelenleg is zajlanak. Többek között egy fordított „Y” alakú első felfüggesztést képzeltem el, amely meghatározott rádiuszban képes elfordulni a váztól, ezzel biztosítva a folyamatos, lehető legnagyobb kapcsolatot a talajjal.

Mint ahogy a kísérletek is bizonyítják, az eszközök kombinálása révén lehetőség nyílna egy átlagos alkatrészek segítségével létrehozott autonóm eszköz létrehozására, amely megfelelő specializálás után több feladat elvégzésére is alkalmassá válna.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- (1) Baichtal J., Beckler M., Wolf A. (2012): Make: LEGO and Arduino Projects: Projects for extending MINDSTORMS NXT with open-source electronics. Maker Media, Inc. 328. ISBN: 978-1449321062 (2) Blackmore S. (2013), Robotic Agriculture; Designing systems for the farm of tomorrow, Harper Adams University (3) Gasperi M., Philippe “Philo” Hurbain (2009): Extreme NXT: Extending the LEGO MINDSTORMS NXT to the Next Level. Apress, 360. ISBN: 978-1-4302-2453-2 (4) Kumar S. K. N. - Sudeep C. S. (2007) Robots for Precision Agriculture, 13th National Conference on Mechanisms and Machines (5) Pedersen, S. M. – Fountas, S. – Blackmore, S. (2008): Agricultural Robots – Applications and Economic Perspectives. InTech. 370-382. (6) Søgaard, H. T. and Lund I. (2005). Investigation of the accuracy of a machine vision based robotic micro spray system. 5th European conference, Precision Agriculture, 8-11. (7) Srinivasan A. (2006): Handbook of Precision Agriculture: Principles and Applications. CRC Press. ISBN: 978-1560229551 I1: <http://www.teejet.com/hungarian/home/products/precision-farming-products/gps-guidance/centerline-220.aspx> (2014.01.05.), I2: <http://autsys.aalto.fi/en/FieldRobot2013> (letöltve: 2014.02.05.), I3: <http://www.nnu.edu/blogs/robotics-vision/2013/03/06/what-is-robotics-vision-at-nnu/> (letöltve: 2014.02.06.) I4: <http://www.dexterindustries.com/dGPS.html> (letöltve: 2014.05.20.) I5: <http://projects.ict.usc.edu/mxr/faast/> (letöltve: 2014.05.20.) I6: <http://www.vernier.com/products/> (letöltve: 2014.03.05.) I7: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno> (letöltve: 2014.04.01.) I8: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560> (letöltve: 2014.05.20)