

OKTATÁSI CÉLÚ MOBIL ROBOT PLATFORM FEJLESZTÉSÉNEK TAPASZTALATAI

EXPERIENCES IN DEVELOPING A MOBILE ROBOT PLATFORM FOR EDUCATION

Mikolás János^{*}, Konkoly István Junior^{**}, Dr. Bartók Roland^{***},
Hus Sándor^{****}, Dr. Hány András^{*****}

ABSTRACT

This paper presents a mentor–student project developing a hoverboard-based educational mobile robot. Such a product integrates the basics of several professional fields, including mechanics, electronics, mechatronics, and partly the vehicle development, so it is a valuable area of knowledge growth. The practice-oriented nature of the development allows the acquisition of practical skills in addition to professional knowledge. The project is a good example of the cooperation between technician education and the university. The achieved functionality can be extended with autonomous functions in the next stage of the project.

1. BEVEZETÉS

A mobil robot építése jól összekapcsolja a gépészeti tervezést, az elektronikát és a programozást. A ZSZC Ganz Ábrahám Technikumban végzett mentor-diák fejlesztés célja egy továbbépíthető oktatási platform létrehozása. A projekt során együttműködés jött létre a Miskolci Egyetemmel. A cikk célja részletesen bemutatni a kifejlesztett megoldást, azzal a szándékkal, hogy más intézmények is hasznosíthassák a konstrukciót.

A mobil robot, mint termék választását, a szakmai szempontok mellett az intenzív ipari fejlődés is indokolta. A robotika és a mobil megoldások előnyeit integráló eszközök napjainkban ugrásszerű fejlődésen mennek keresztül. Számos elemzés (lásd például [1], [2], [3]) is rámutatott ezen eszközök jelentőségére és használati sokrétűségére. A kapcsolódó kutatások különösen a mobil robotok irányítási technológiáinak fejlődését emelik ki, ma már közel teljesmértékű autonómia is megvalósul egyes termékeken.

A mobil robotok területe az oktatásban is egyre nagyobb teret nyer. A különböző robotikai laborok már jó ideje jelen vannak az egyetemi és a középfokú, de akár az általános iskolai oktatásban is világszerte. A helyzetváltoztatásra képes eszközök egy magasabb műszaki szintet képviselnek, ezeknél a termékeknél szükséges a helyzetfelismerő képesség, a mozgás-irányítás, a folyamatos visszacsatolás, az akadálykikerülés ismerete is. A mobil robotika oktatásban való hasznosításával több szerző is

foglalkozott, rámutatva ezeknek az eszközöknek a hasznosságára a tanulók komplex robotikai tudásának építése során [4], [5], [6], [7].

A jelen cikk elsősorban nem módszertani, hanem technikai oldalról mutatja be a kifejlesztett mobil robotot. Az elkészült rendszer jelenleg vezetékes joystickkal irányítható. A következő cél a személy követése kamerával, a haladási út ellenőrzése lézeres távolságérzékelővel. A jelen cikk a működő kézi vezérlés megoldásait és az autonóm bővítés műszaki tervét ismerteti, kitérve a projekt oktatási tapasztalataira is.



1. ábra A meglévő platform külső formája (saját fotók alapján készített AI-illusztráció)

2. A MEGVALÓSÍTOTT PLATFORM

A jármű két külön vezérelt hoverboard-kerékre épül. A lemezház fogadja az akkumulátort, a két motorvezérlőt és az Arduino Mega egységet; a támasztókerékek stabil alátámasztást adnak, ezért a platform nem igényel aktív egyensúlyozást. Elöl íves ütköző, a fedélen vészleállító gomb található. A belső felépítést a 2. ábra szemlélteti; az illusztráció rendezettebb kábelezést mutat.

A joystick két potenciómétere 0.5 V közötti jelet szolgáltat. Az Arduino A0 bemenete az előreirányítási parancsot, A1 bemenete a kormányzást olvassa. A 10 bites átalakítás 0-1023 közötti értéket ad; a program a középhelyzetet 512-nek veszi, körülötte 20 egységes holtzónával.

Az előremenet csak az A0 érték 532 fölé emelkedésekor engedélyezett. A program ezt a

^{*} mentor tanár, ZSZC Ganz Ábrahám Technikum

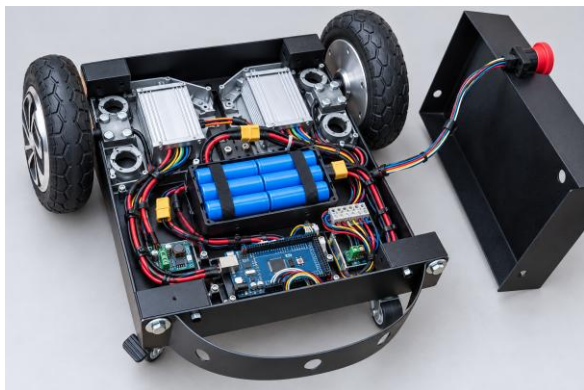
^{**} tanuló, ZSZC Ganz Ábrahám Technikum

^{***} tanársegéd, Miskolci Egyetem, Automatizálási és Infokommunikációs Intézet

^{****} ügyvezető, Zalaegerszegi Duális Ágazati Képzőközpont

^{*****} vezérigazgató, ZalaZONE Ipari Park Zrt.

tartományt 0-255 közötti PWM-parancssá alakítja. Középhezletben és hátrahúzott joysticknál a parancs nulla: a jelenlegi változat nem valósít meg hátramenetet vagy helyben fordulást.



2. ábra Belső elrendezési illusztráció a meglévő alkatrészekkel

Egyenes előremenetnél a két kimenet azonos. Jobbra kormányzáskor a jobb oldali parancs arányosan csökken, teljes kitérésnél nullára; ekkor a bal kerék hajt az előretolással arányosan. Balra kormányzásnál ennek tükröképe történik. A részleges kitérés tehát fokozatos ívmenetet ad, nem egyszerű be- és kikapcsolást.

3. JELILLESZTÉS ÉS TAPASZTALATOK

A bal motor PWM-je a 11-es, a jobb motoré a 13-as digitális kimeneten jelenik meg. A motorvezérlők analóg 0-5 V-os parancsbemenetéhez mindkét csatornán ellenállás-kondenzátor aluláteresztő szűrőt alkalmaztunk. A PWM kitöltési tényezőjét a szűrő közelítő egyenfeszültséggé alakítja:

$$U_{ki} \approx 5 \cdot D / 255 [V], D = 0 \dots 255.$$

Ez parancsfeszültség, nem mért keréksebesség. A tényleges mozgást a vezérlő karakterisztikája, a terhelés és a két hajtás különbsége is befolyásolja. A működő próbák igazolják a vezetékes irányíthatóságot; számszerű sebesség-, hullámosság- és fékút mérés még nem áll rendelkezésre.

A szűrő időállandója $\tau = R \cdot C$. A nagyobb időállandó csökkenti a hullámosságot, de késlelteti a parancsváltozást és a nullára állást. A véglegesítéshez mindkét PWM frekvenciáját, a motorvezérlő bemeneti terhelését és a szűrt feszültség lefutását oszcilloszkóppal kell ellenőrizni. A közös referenciaföld kialakítása, továbbá a jelvezetékek zavartűrő vezetése is lényeges.

4. A BŐVÍTÉS ESZKÖZEI

A Raspberry Pi 5, az NVMe SSD és az OAK-D Lite már beszerzett eszközök [8] [9]; a platformba integrálásuk a következő fejlesztési lépés. A Pi a képfeldolgozást és a mozgásdöntést végzi, az Arduino megtartja a meglévő PWM-RC kimeneti illesztést. A LiDAR beszerzése tervezett.



Raspberry Pi 5



M.2 HAT+ / NVMe



OAK-D Lite



RPLIDAR C1

3. ábra A bővítés eszközei: Pi 5, M.2 HAT+ és NVMe-szemléltetés, OAK-D Lite, RPLIDAR C1 Gyártói/forgalmazói képek [1–4]; az SSD-fotó illusztratív.

4.1. Kamera és kedvező árú LiDAR

Az OAK-D Lite RGB-képe az ember detektálásához, sztereó mélységadata a követési távolság becsléséhez használható. A kamerára kompatibilis, előtanított személydetektáló modellt töltünk; a beüzemelés önálló DepthAI példával kezdődik, majd ROS2-illesztést kap. Az RGB-fókusz a jellemző követési távolságon rögzítjük [10].

Az eredetileg felvetett A2M12 helyett az RPLIDAR C1 fejlesztőkészletet javasoljuk. A kompakt, robotporszívók érzékelőihez hasonló szerepű 2D lézerszkennerek 360°-os mérési síkot, tipikusan 10 Hz-es körpásztázást és legfeljebb 12 m-es, felületfüggő hatótávot ad. A DFRobot kínálatában 69 USD irányáron szerepel, USB-adapterrel; szállítás és adó növelheti a bekerülési költséget [11].

A C1 mellett szól a dokumentált protokoll és a gyártói sllidar_ros2 csomag. Így nem kell ismeretlen, bontott robotporszívó-modul bekötését visszafejteni. A készlet USB-adapterrel kapcsolódik a Pi-hez, és /scan távolságadatot szolgáltat [12].

4.2. Tervezett szoftverkörnyezet

Az SSD-re Ubuntu Server 24.04 LTS ARM64 rendszert és ROS2 Jazzy környezetet telepítünk; ez támogatott operációsrendszer–architektúra párosítás [13]. A DepthAI és a hozzá illeszkedő depthai-ros driver adja a kameraadatokat, a slidar_ros2 a lézerszkennert. A felügyelethez RViz2-t, a saját követési és soros modulhoz Python/rcipy-t használunk; a működő csomagverziókat rögzítjük.

A program külön kezeli a célkiválasztást, a követést, az akadályvizsgálatot és az üzemmódváltást. A kamera a személy helyzetét méri, a LiDAR a haladási sávban lévő tárgyakat ellenőrzi. A lézerszkennert önmagában nem azonosítja a követendő embert.

Kezdetben 1,5 m követési távolságot és legfeljebb 0,2 m/s haladást célzunk. A személy távolsághibája az előremeneti parancsot, oldalirányú eltérése a kormányzást módosítja. Akadálynál vagy célvesztéskor megállunk; az automatikus kikerülés későbbi feladat.

5. MECHANIKAI ÉS VEZÉRLÉSI INTEGRÁCIÓ



4. ábra Tervezett kamerás–LiDAR-os kivitel (látványterv)

A kamerához csavarozott, háromszögmelevített alumíniumprofil-tartót és állítható dőlésszögű adaptert készítettünk. A kezdeti beépítési magasság 0,6-0,8 m; végleges értékét látómezőpróbák döntenek el. Az USB-kábel a profilon rögzítve, tehermentesítéssel fut. A tartó nem akadályozhatja a vészleállító elérését vagy a fedél szerelését.

A LiDAR külön, vízszintes kis konzolt kap. Mérési síkjának a burkolat fölé kell kerülnie; az oszlop okozta takarást fel kell mérni. A Pi–SSD egység szigetelt távtartókra, védett és szellőző helyre kerül. Az akkumulátorról megfelelő bemeneti tartományú DC-DC átalakító táplálja, külön biztosított ágon; a kamera és a LiDAR indulási áramát is figyelembe vesszük.

A Pi USB-s soros kapcsolaton adja át a mozgásparancsot az Arduinónak. Az új firmware kézi és automatikus módot választ, ellenőrzi a parancsot, majd a meglévő két PWM–RC csatornán vezérli a motorokat. A LiDAR és a kamera tehát a Pi-n keresztül kapcsolódik a

hajtáshoz, nem közvetlenül a motorvezérlőre.

Az első automatikus változat a meglévő, csak előremeneti és ívmeneti mozgást használja. Nagy irányeltérésnél megáll és kezelői beavatkozást kér. A kétirányú vagy helyben forduló hajtás külön hardveres és programozási ellenőrzést igényel.

6. ELLENŐRZÉS ÉS TOVÁBBFEJLESZTÉS

A firmware-t induláskor tiltott hajtással, üzenetszámmal és kommunikációs időkorláttal bővítjük. Kiinduló beállítás a 20 Hz-es parancsküldés és 250 ms után nullázás; a tényleges megállási időbe az RC-szűrő késése és a kifutás is beleszámít. Független hajtástiltás, kézi felülbírálás és érzékelőhiba esetén megállás szükséges.

A teszt sorrend: asztali szenzorpróba, felemelt kerekes parancsteszt, lassú követés, végül akadály-, célvesztési és kábelkihúzási próbák. Mérjük a parancsfeszültséget, a megállási távolságot és a követési hibát. Később slam_toolbox és Nav2 tervezett. Ezek odometriát és koordinátatranszformációkat igényelnek; a PWM-parancs nem helyettesíti a kerékmozgás visszamérését [7].

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben bemutatott eszköz illeszkedik a mobil robotika intenzív fejlődési trendjeibe, egyúttal ezen megoldások egyre fontosabb oktatási célú irányaihoz.

A fejlesztés aktuális állása működő, vezetékes joystickkal irányított mobil platform. A tanulók az analóg mintavételezést, a differenciális kormányzást és a PWM-jelillesztést valós eszközön alkalmazzák. A következő mérföldkő a Pi-kamera integráció és a lassú személykövetés; az autonóm funkciók jelenleg tervek.

A cikkben részletesen bemutatásra került az eszköz műszaki felépítése és elemei, az alkalmazott megoldások működése és jellemzői. Cél volt olyan részletességű leírást adni, amelyre építve további hasonló fejlesztések valósíthatók meg.

Külön kutatásként vizsgálható a kialakított mobil robot oktatásban való használati módszertana, az egyes részegységekhez, illetve a rendszer egészéhez kapcsolható műszaki tudás és gyakorlati készségek átadásának folyamata.

8. SUMMARY

The device presented in the paper fits into the intensive development trends of mobile robotics, and at the same time into the increasingly important educational directions of these solutions.

The current state of development is a working, wired joystick-controlled mobile platform. The students apply analog sampling, differential steering, and PWM signal matching on a real-world device. The next milestone is Pi-camera integration and slow people tracking; autonomous functions are also planned.

In the paper, the technical structure and elements of the device, the operation and characteristics of the applied solutions were presented in detail. The aim was to provide a detailed description on which further similar developments can be realized.

The methodology of the use of the mobile robot in education and the process of transferring technical knowledge and practical skills related to the individual components and the system as a whole can be examined as separate research.

9. IRODALOM

- [1] Kwe, N. B., & Priyadarshini, R. (2024). Emerging trends in mobile robots. *Robotics and smart autonomous systems*, 77-117.
- [2] Cognominal, M., Patronymic, K., & Wańkiewicz, A. (2021). Evolving field of autonomous mobile robotics: Technological advances and applications. *Fusion of Multidisciplinary Research, An International Journal*, 2(2), 189-200.
- [3] Raj, R., & Kos, A. (2022). A comprehensive study of mobile robot: History, developments, applications, and future research perspectives. *Applied Sciences*, 12(14), 6951.
- [4] Demetriou, G. A. (2011). Mobile robotics in education and research. *Mobile robots-current trends*, 27, 48.
- [5] Mitnik, R., Nussbaum, M., & Soto, A. (2008). An autonomous educational mobile robot mediator. *Autonomous Robots*, 25(4), 367-382.
- [6] Jojoa, E. M. J., Bravo, E. C., & Cortes, E. B. B. (2009). Tool for experimenting with concepts of mobile robotics as applied to children's education. *IEEE Transactions on Education*, 53(1), 88-95.
- [7] Crnokic, B., Grubisic, M., & Volaric, T. (2017). Different applications of mobile robots in education. *arXiv preprint arXiv:1710.03064*.
- [8] RASPBERRY PI: Raspberry Pi 5. Product brief. raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/
- [9] RASPBERRY PI: SSD Kit. raspberrypi.com/products/ssd-kit/

- [10] LUXONIS: OAK-D Lite; DepthAI ROS. shop.luxonis.com/products/oak-d-lite-1; docs.luxonis.com/software-v3/depthai/ros
- [11] DFROBOT: RPLIDAR C1, DFR1138. dfrobot.com/product-2803.html
- [12] SLAMTEC: sllidar_ros2. github.com/Slamtec/sllidar_ros2
- [13] OPEN ROBOTICS: ROS 2 Jazzy Jalisco Released (2024). openrobotics.org/blog/2024/5/ros-jazzy-jalisco-released
- [14] NAV2: Setting Up Odometry. docs.nav2.org/rolling/configuration_and_development/first_time_robot_setup_guide/odom/setup_odom/

Az online források hozzáférése: 2026. október 15.

A program saját fejlesztés: Cshaba_Joy.ino.