

Triediaci mobilný robot - platforma pre súťaž Robot Challenge

Mobile sorting robot – the platform for Robot Challenge competition

Ján Bačík¹

¹jan.bacik.2@tuke.sk

¹Katedra elektrotechniky a mechatroniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, Košice, Slovenská Republika

Abstrakt—Článok predstavuje mobilnú robotickú platformu určenú pre súťažnú kategóriu zameranú na zbieranie a triedenie farebných pukov, ktorá je súčasťou medzinárodnej robotickej súťaže Robot Challenge. Robotická platforma pozostáva z diferenciálne riadeného podvozku vybaveného mechanickým zariadením pre triedenie pukov a vizuálnym systémom pre ich detekciu v rámci hracej plochy.

KLúčové slová—mobilný robot, navigácia, Robot Challenge

Abstract— The article describes a mobile robotic platform intended for one of competition categories of international robotic competition Robot Challenge. The main goal of this category is collecting and sorting coloured pucks. The robotic platform consists from differentially controlled chassis, mechanical equipment for puck sorting and visual system for puck detection on playground space.

Keywords—mobile robot, navigation, Robot challenge

I. ÚVOD

V súčasnej dobe mobilná robotika preniká nielen do rôznych oblastí priemyslu ale stáva sa súčasťou aj bežného každodenného života. Mnoho domácností disponuje malými autonómnymi vysávačmi, schopnými samostatne pracovať v rámci miestnosti bez zásahu človeka. Autonómny vysávač môžeme zaradiť do skupiny mobilných robotov, ktoré sú schopné na základe vstavaných snímačov získať informáciu o prostredí a túto informáciu následne využiť pre plánovanie svojho pohybu [1]. Mnohé univerzitné tímy rýchlo objavili potenciál týchto malých autonómnych robotov a mnohé konštrukcie sa stali obľúbenými vývojárskymi platformami určenými pre vývoj nových navigačných a mapovacích algoritmov [2]. Z oblasti priemyselnej praxe sú mobilné roboty často využívané ako logistické ťahače autonómne prepravujúce rôzne výrobné komponenty v rámci výrobných hál [3].

Spoločným znakom mobilnej robotiky je navigačný a mapovací senzorický systém. Tento systém poskytuje informáciu o aktuálnej polohe a orientácii robota v priestore. Vo všeobecnosti sú princípy navigácie rôzne a líšia sa konštrukciou senzorického systému, použitými senzormi a spracovaním dát. Voľba senzorického systému závisí od prostredia, v ktorom robot operuje a aké úlohy v tomto prostredí vykonáva. Spravidla najväčší rozdiel v použitých senzorech vzniká pri indoorovej a outdoorovej navigácii a tento rozdiel vychádza z absencie GPS signálu v interiéroch budov.

Najčastejší a najjednoduchší spôsob navigovania mobilného robota je použitie externých navigačných pomôcok v priestore. Typickou externou navigačnou pomôckou, využívanou pri určení trajektórie logistických ťahačov, je magnetická páska umiestnená na podlahe. Táto páska slúži na presné deterministické určenie trajektórie, ktorú má robot nasledovať. Robot je vybavený senzormi magnetického poľa, ktoré detekujú magnetické pole pásy a na základe ich informácií riadiaci systém robota reguluje akčné členy tak, aby sa tieto snímače nachádzali vždy v strede magnetickej pásy [4]. Nevýhodou takejto navigácie je v priemyselnej praxi opotrebovanie pásy, ktorá sa ničí pôsobením rôznych mechanických záťaží vyplývajúcich z prevádzky fabriky. Pri zmene trasovania logistických vozíkov dochádza k nutnosti mechanickej prestavby, čo môže byť finančne a časovo náročné.

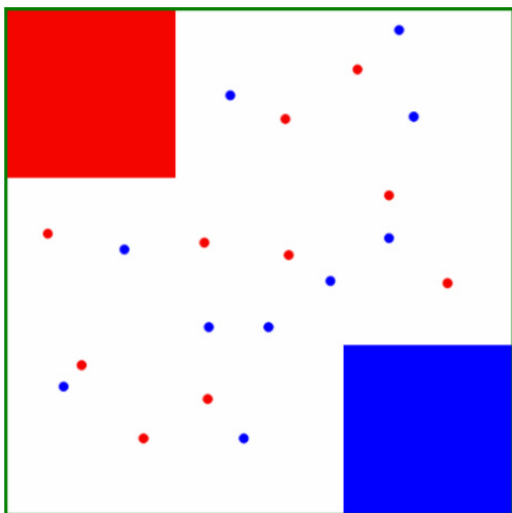
Druhý a zložitejší spôsob navigácie mobilných robotov spočíva v umiestnení všetkých senzorov na palubu robota bez nutnosti využívania externých navigačných pomôcok. Tento prístup vyžaduje použitie pokročilých techník spracovania senzorov a lokalizácie robota [5].

V článku sa zameriavame na jednoduchý interný navigačný systém založený na spracovaní vizuálnej informácie z hracej plochy, ktorý je aplikovaný na diferenciálne riadený typ robotického podvozku. Robot je priamo určený pre súťažnú kategóriu medzinárodnej súťaže Robot Challenge.

II. SÚŤAŽNÁ KATEGÓRIA – ZBIERANIE PUKOV

Zmyslom súťaže je súboj dvoch autonómnych robotov v presne definovanom ihrisku, na ktorom sú náhodne rozmiestnené farebné puky (Obr. 1). Úlohou robota je za časový limit pozbierať, čo najviac pukov svojej farby a zablokovať puky súpera. Rozmery ihriska, farba plochy a výška mantinelov sú presne stanovené a tieto údaje môže robot využiť pri výpočte svojej polohy v rámci ihriska.

Pravidlá stanovujú maximálne rozmery robota na 500x500mm v pôdoryse. Výška robota nie je obmedzená. Podmienkou je aby robot pracoval autonómne bez zásahu človeka. Robot nemôže využívať externé navigačné pomôcky, akými sú rôzne majáky popri ihrisku, či reflexné nálepky a odrazky. Všetka potrebná senzorická výbava robota musí byť umiestnená na palube robota. Robot nesmie počas svojej prevádzky poškodiť súperovho robota, v opačnom prípade je robot zo súťaže diskvalifikovaný.



Obr. 1. Hracia plocha súťaže Robot Challenge

III. MECHANICKÁ KONŠTRUKCIA ROBOTY

Základné šasi robota je tvorené hliníkovým plechom vytváraným do kvádra s otvoreným dnom s rozmermi 500x500x200mm (Obr. 2). Základné šasi je doplnené o triediaci mechanizmus pozostávajúci z predného nasávacieho otvoru, mechanickej páky napojenej na servo motor pre triedenie pukov, dvoch komôr pre pukky danej farby a výpustných zadných brán pre jednotlivé komory.

Samotné rozoznávanie farby prichádzajúceho puku zabezpečuje RGB senzor umiestnený v strede mechanickeho zberača pukov (Obr. 3) umiestneného za predným vstupným otvorom robota.



Obr. 2. Vrchná časť šasi robota



Obr. 3. Mechanické riešenie vstupnej triediacej časti robota



Obr. 4. Upevnenie hnacieho motora s kolesom

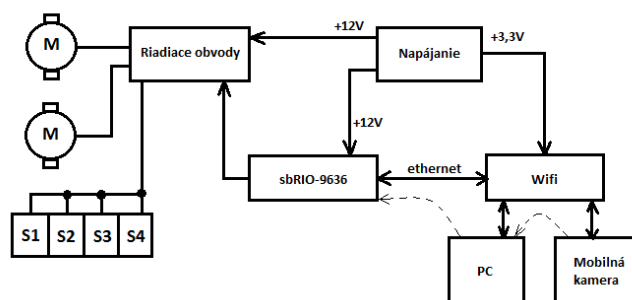
Pohyb robota zabezpečuje dvojica diferenciálne riadených motorov (Obr. 4), ktoré sú napájané z 12V batérie umiestnenej na spodnej časti robota.

IV. RIADIACI SYSTÉM ROBOTY

Hlavnú výpočtovú jednotku robota tvorí priemyselné PLC od spoločnosti National Instruments sbRIO. Samotné sbRIO nie je riešené ako klasické PLC ale obsahuje riadiaci mikroprocesor prepojený s programovateľným FPGA poľom. Všetky digitálne výstupy majú napätovú úroveň +3.3V. Výhodou sbRIO je spoločný programovací jazyk LabView, pomocou ktorého je možné programovať samotný procesor a tiež programovateľné FPGA pole. LabView nie je klasický programovací jazyk vo forme štruktúrovaného textu ale grafický nástroj, v ktorom sa prepájajú jednotlivé signály, čo umožňuje veľmi rýchly vývoj riadiacich algoritmov.

SbRIO je cez ethernetový port zosieťované pomocou wifi routera s externým PC a sieťovou web kamerou, ktorá sa nachádza na prednej časti robota. Digitálne výstupy sbRIO zabezpečujú generovanie riadiacich pulzov pre mostíkový usmerňovač, ku ktorému sú pripojené hnacie motory, a generovanie *PWM* (pulse with modulation) signálov pre klasické modelárske servomotory, ktoré zabezpečujú otváranie zadných bráničiek robota a pohyb páky triediaceho mechanizmu.

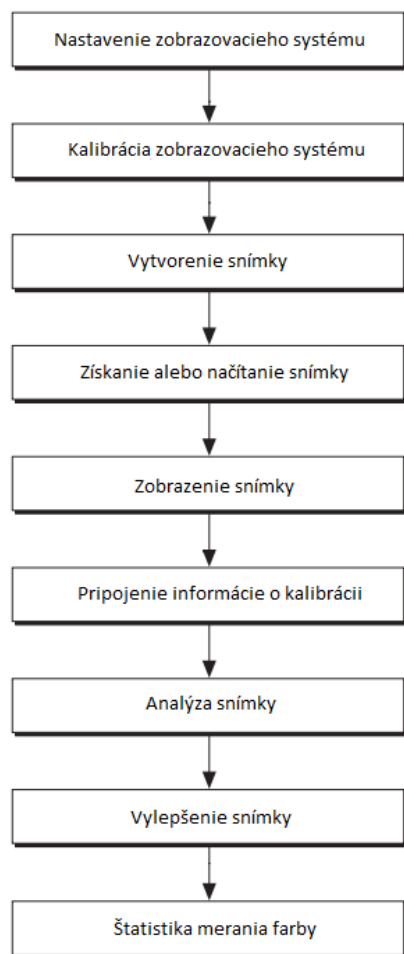
Keďže samotný výkon sbRIO je nedostačujúci pre spracovanie vizuálnej informácie z kamery, musí sa tento obraz zasielať pomocou wifi siete do externého PC, kde následne prebieha jeho spracovanie. Opätovne sa k spracovaniu obrazu využíva programovací nástroj LabView. Celková bloková schéma zapojenia riadiacej časti robota sa nachádza na Obr. 5.



Obr. 5. Bloková schéma riadiaceho systému robota

V. SPRACOVANIE VIZUÁLNEJ INFORMÁCIE

Ako bolo spomenuté v predchádzajúcej kapitole, hlavným nástrojom pri spracovaní obrazu je programovacie prostredie LabView a jeho knižnica NI Vision. Algoritmus znázornený na Obr. 6 popisuje kroky potrebné pre spracovanie obrazu prostredníctvom tejto knižnice.



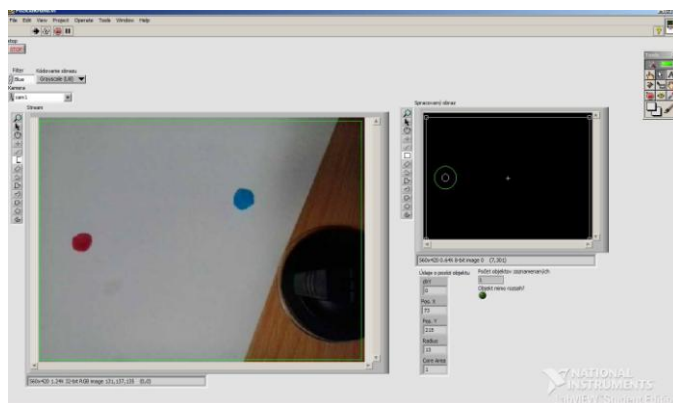
Obr. 6. Vývojový diagram pre spracovanie vizuálnej informácie

Algoritmus hľadá v obraze definovaný tvar, v našom prípade kružnicu, definovanej farby (Obr. 7). Pri nájdení hľadaného tvaru program vygeneruje smerový vektor, ktorý je následne prepočítaný na uhlovú rýchlosť jednotlivých hnacích motorov. Samotné FPGA pole sbRIA zabezpečí vygenerovanie riadiacich pulzov pre menič motorov.

Želaná hodnota rýchlostí pre jednotlivé motory je generovaná na základe snímkovacej frekvencie kamery, čo je v našom prípade 30 snímok za sekundu. V prípade ak sa v zornom poli kamery nenachádza žiaden puk, robot vykonáva dopredný pohyb až do okamihu kedy narazí na mantinel ihriska. Detekcia mantinelu je zabezpečené trojicou predných mikrosopínačov symetricky rozmiestnených na prednej časti robota.

Pri náraze na mantinel robot vykoná pohyb, pri ktorom sa otočí o 90° , posunie sa približne o vzdialenosť 20cm a znova sa otočí o 90° . Následne robot pokračuje v doprednom pohybe,

pri ktorom opätovne vyhľadáva farebné puky rozmiestnené na hracej ploche ihriska.



Obr. 7. Grafické rozhranie programu pre spracovanie obrazu z kamery

VI. ZÁVER

V článku sme predstavili jednoduchú platformu určenú pre súťažnú kategóriu súťaže Robot Challenge zameranú na zber a triedenie farebných pukov. Vzniknutý robot je na základe vizuálnej informácie schopný vyhľadať a triediť puky rozmiestnené na hracej ploche. Robot vznikol ako časť diplomovej práce na pracovisku Katedry elektrotechniky a mechatroniky a tvorí dobrý základ pre ďalší vývoj v oblasti mobilnej robotiky. Do budúcnosti sa plánuje robot osadiť inkrementálnymi snímačmi motorov a rozšíriť navigáciu o odometriu na základe pohybu kolies.

POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] J. Forlizzi, C. DiSalvo, Service robots in the domestic environment: a study of the roomba vacuum in the home, proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction, New York, 2006.
- [2] M. Dekan, L. Chovanec, A. Babinec, A. Vitko, New modules for the iRobot Create platform, Procedia Engineering, 2012.
- [3] Ceit Logistic Trucks: available on web: <http://www.ceittechnnovation.eu/index.php/sk/agv-system>
- [4] G. Cook, Mobile Robots: Navigation, Control and Remote Sensing, Wiley & Sons Ltd, New Jersey, 2011.
- [5] D.H. Titterton, J.L. Weston, Strapdown Inertial Navigation Technology, second edition, Institution of Engineering & Technology, Reston, 2005.
- [6] RobotChallenge: <http://robotchallenge.org>



J. Bačík inžinierske štúdium absolvoval na katedre elektrotechniky a mechatroniky Technickej univerzity v Košiciach. V roku 2012 ukončil štúdium s vyznamenaním. Následne pokračoval v dennom doktorandskom štúdiu v odbore Mechatronika a v roku 2016 úspešne obhájil dizertačnú prácu.

V súčasnosti autor pôsobí ako odborný asistent na Technickej univerzite v Košiciach, kde sa intenzívne venuje oblasti vývoja mobilných robotických systémov. Medzi jeho hlavné zamerania patrí oblasť navigácie, mapovania a riadenia mobilných podvozkov a dronov. Taktiež je v súčasnosti členom Mechatronickej a elektrotechnickej spoločnosti METS.