

Navigačný systém pre malého mobilného robota pohybujúceho sa v bludisku

Navigation system for a small mobile robot operated in a maze

Ján Bačík¹

jan.bacik.2@tuke.sk

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

Abstrakt—Článok predstavuje jednoduchý navigačný systém, ktorý je určený pre navigáciu malého robota v bludisku. Navigačný systém pozostáva z infračervených snímačov vzdialenosti a kontaktných spínačov. Na základe signálov z navigačného systému je robot schopný prejsť celé bludisko princípom pravej alebo ľavej ruky. Robot bol primárne vyvíjaný na súťaž Istrobot.

KLúčové slová—mobilný robot, navigácia, Istrobot

Abstract— The article describes a simple navigation system which is determined for navigation of a small mobile robot in a maze. The navigation system consists of infrared proximity sensors and contact sensors. The mobile robot is able pass through the maze based on a rule of right or left hand. The mobile robot was developed for competition Istrobot.

Keywords—mobile robot, navigation, Istrobot

I. ÚVOD

S mobilnými robotickými systémami sa v súčasnosti človek v bežnom živote stretáva čoraz častejšie. Tieto robotické systémy si našli svoje uplatnenie nie len v priemysle ale aj v bežných domácnostiach v podobe automatizovaných vysávačov a kosačiek [1]. Taktiež sa tieto domáce roboty stali obľúbenou platformou rôznych výskumných inštitúcií zaoberajúcich sa vývojom mobilných robotických systémov [2]. Výhodou týchto platforiem je ich univerzálnosť a možnosť doplnenia systému o ďalšie senzory a výpočtové jednotky. V oblasti priemyslu si mobilné robotické systémy našli uplatnenie ako logistické ťahače vo veľkých výrobných halách, kde je ich úlohou autonómny transport materiálu z miesta na miesto [3].

Spoločným znakom mobilnej robotiky je navigačný a mapovací sensorický systém. Tento systém poskytuje informáciu o aktuálnej polohe a orientácii robota v priestore. Vo všeobecnosti sú princípy navigácie rôzne a líšia sa konštrukciou sensorického systému, použitými senzormi a spracovaním dát. Voľba sensorického systému závisí od prostredia, v ktorom robot operuje a aké úlohy v tomto prostredí vykonáva. Spravidla najväčší rozdiel v použitých senzorech vzniká pri indorovej a outdorovej 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 opotrebovávanie 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 sme pozornosť zamerali na navigáciu robota v, do istej miery deterministickom, prostredí bludiska. Determinovanosť prostredia spočíva v presne daných rozmeroch chodieb bludiska a definovania spôsobu ich krížovania. V našom prípade bludisko pozostávalo z pravouhlých chodieb o šírke 16,8cm.

Mapa bludiska nie je pre robota známa a jeho úlohou je, na základe senzorov umiestnených na jeho palube, nájsť cestu zo štartovacieho do cieľového poľa na základe pravidla pravej alebo ľavej ruky.

II. PODVOZOK A RIADIACA JEDNOTKA ROBOTA

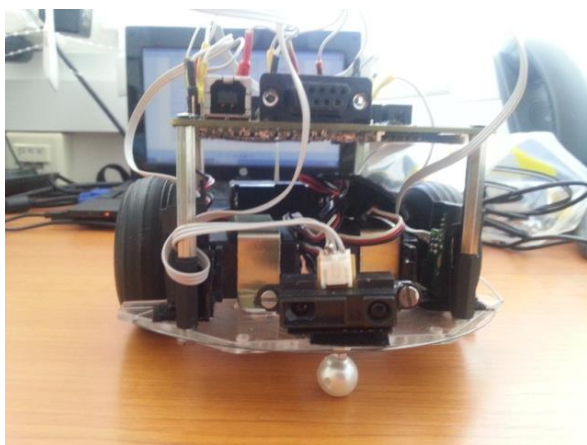
Podvozek robota je tvorený základňou vyrobenou z plexiskla, na ktorej je osadená dvojica modelárskych servomotorov s kolesami (Obr. 1). K napájaniu motorov a elektroniky sa používa štvorica NiMH akumulátorov zapojených do série. Súčasťou robota je aj jednoduchý nabíjaci obvod, ktorý umožňuje nabíjanie robota priamo cez konektor bez nutnosti vyberania jednotlivých akumulátorov z robota.

K základni robota je pomocou distančných stĺpikov prikrutkovaná riadiaca jednotka spolu s infračervenými snímačmi vzdialenosti SHARP (Obr. 2).

Celková konštrukcia a rozmery robota sú navrhnuté tak, aby sa robot mohol plynule pohybovať uličkami bludiska a nehrozilo aby sa niektorá z jeho častí o uličku zasekla a zablokovala tak pohyb robota.



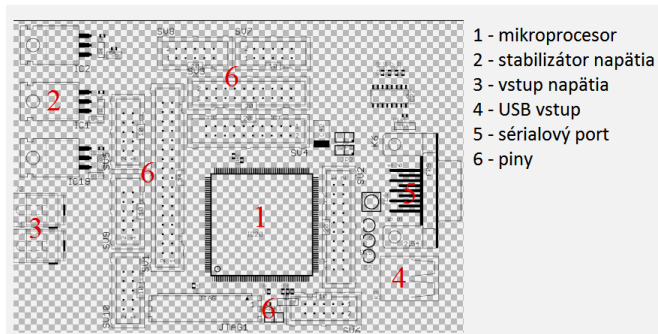
Obr. 1. Upevnenie hnacieho kolesa s motorom



Obr. 2. Upevnenie riadiace dosky a senzorov

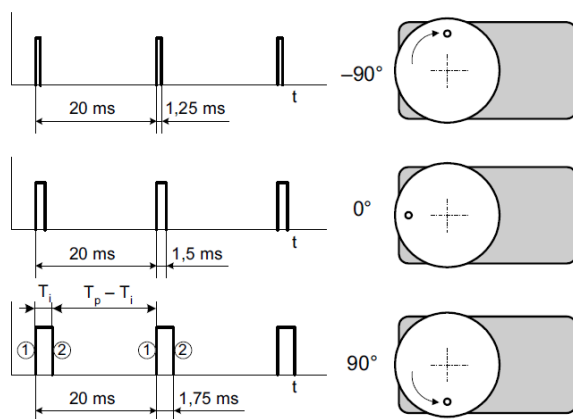
Riadiaca jednotka je tvorená univerzálnou vývojovou doskou osadenou procesorom od spoločnosti NXP LPC1769 (Obr. 3). Jedná sa o 32bitový RISC procesor s jadrom ARM-7, ktorý disponuje všeobecnými vstupno-výstupnými portami, analógovými vstupmi a výstupmi, sériovou komunikáciou, USB zbernicou, úložným priestorom v podobe SD karty a PWM kanálmi. Hodinový signál procesora je riadený kryštálom s frekvenciou 72MHz. Priamo na doske sa nachádzajú potrebné lineárne stabilizátory pre napájanie procesora a ostatných periférií robota.

PWM kanály procesora sa využívajú ako riadiace signály modelárskych servomotorov. Princíp riadenia pomocou šírky pulzu je znázornený na Obr. 4 a tento princíp je rovnaký pre všetky modelárske servomotory.



- 1 - mikroprocesor
- 2 - stabilizátor napätia
- 3 - vstup napätia
- 4 - USB vstup
- 5 - sériový port
- 6 - piny

Obr. 3. Layout riadiacej dosky



Obr. 4. Princíp riadenia servomotorov

III. RIADIACI ALGORITMUS ROBOTA

Hlavný riadiaci program robota vykonáva niekoľko typov podúloh, konkrétne:

- filtrovanie, a kontrolovanie hodnôt z ADC
- vyhodnotenie kritických stavov IR snímačov
- prepočítavanie nameraných hodnôt IR snímačov
- pravdivostná tabuľka pre infračervené snímače
- analýza na dorovnanie robota do stredovej trajektórie
- pomocná činnosť mikrosčítačov

Funkcia ADC prevodníka spočíva v prevode analógovej hodnoty signálu na jeho digitálnu hodnotu. Avšak nie každá nameraná hodnota zodpovedá skutočnej vzdialenosti od prekážky, nakoľko infračervený snímač zachytáva rôzne odrazy svetla, ktoré dokážu skresliť niektoré namerané hodnoty. Aby výsledné hodnoty boli čo najpresnejšie bolo potrebné odstrániť lokálne extrémny a prepočítať medián nameraných hodnôt.

Aby bolo možné zohľadniť všetky možné stavy infračervených snímačov, kde sa prekážka môže nachádzať, bolo potrebné navrhnuť pravdivostnú tabuľku týchto jednotlivých stavov snímačov (TAB. 1).

TABUĽKA I. PRAVDIVOSTNÁ TABUĽKA

Typ infračerveného snímača			(M1 – ľavá strana, M2 - pravá strana)
A2 -pravý	A6 - ľavý	A7 - predný	
0	0	0	(1, 1) – 1. stav
0	0	1	(-1, 1) – 2. stav
0	1	0	(1, 1) – 1. stav
0	1	1	(1, -1) – 3. stav
1	0	0	(1, 1) – 1. stav
1	0	1	(-1, 1) – 2. stav
1	1	0	(1, 1) – 1. stav
1	1	1	(-1, 1) – 2. Stav

Ľavá časť pravdivostnej tabuľky reprezentuje jednotlivé označenia infračervených snímačov, ktoré sú nainštalované na šasi robota. Infračervený snímač, ktorý je umiestnený vpredu na čele robota má označenie číslo sedem. V prednej časti po oboch stranách sa nachádza infračervený snímač s číslom dva, ktorý je na ľavej strane robota. Na pravej strane je infračervený snímač s číslom šesť. Pri detekovaní prekážky, vyšle infračervený snímač na výstup logickú nulu, alebo logickú jednotku. Ak je na danom snímači na výstupe logická jednotka, tak má snímač pred sebou prekážku. Logická nula na výstupe reprezentuje voľnú cestu. Takto jednoducho sa dokáže robot orientovať pomocou infračervených snímačov.

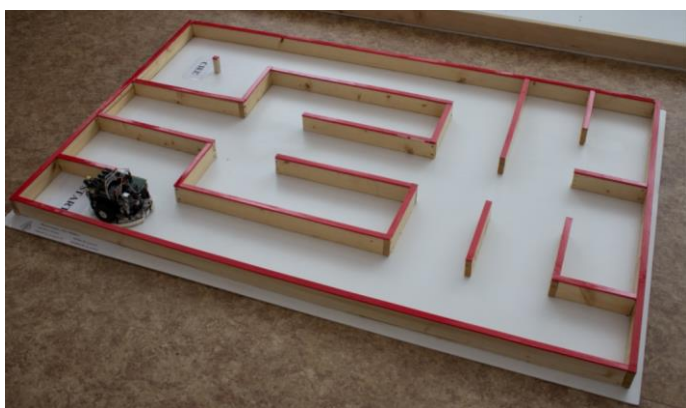
Na pravej strane pravdivostnej tabuľky sú jednotlivé logické výstupy rozdelené do troch základných pohybových stavov. Tieto stavy napomáhajú pri pohybe robota v neznámom priestore.

Hlavnými snímačmi, ktoré napomáhajú robotovi pri orientácii v neznámom priestore sú infračervené snímače. Avšak pri zlom odraze svetla sa stáva, že infračervený snímač zle vyhodnotí načítané hodnoty. Tým pádom robot môže uviaznuť pred prekážkou. Na odstránenie tohto nežiaduceho faktora bolo potrebné robota vybaviť prídavnými mikrosypínačmi, ktoré slúžia ako nárazníky. Pri zopnutí mikrosypínača (nárazníka) sa robot pootočí do strany kde sa mikrosypínač zopol a upraví sa rýchlosť servomotorov v závislosti od príslušného mikrosypínača.

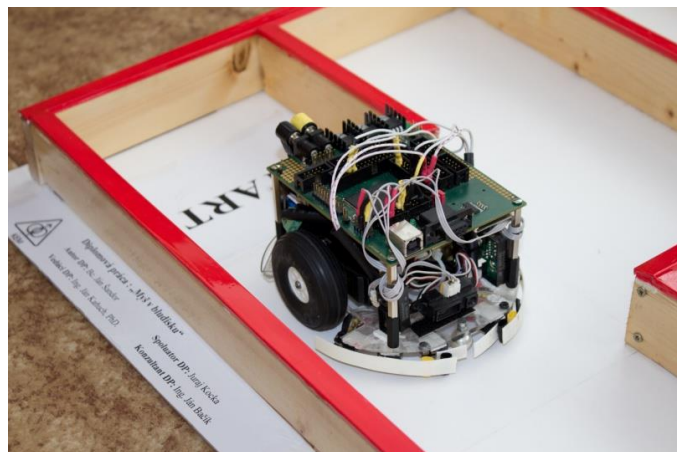
IV. CELKOVÁ REALIZÁCIA ROBOTA

Robot, popísaný v článku, bol zhotovený za účelom zúčastnenia sa súťaže ISTROBOT 2015 v kategórii „myš v bludisku“ (podľa pravidiel Micromouse Competition Rules). Aby bolo možné robota prakticky vyskúšať a doladiť jeho pohyb v neznámom priestore, bolo potrebné zhotoviť cvičné bludisko (Obr. 5). Bludisko bolo navrhnuté presne podľa pravidiel, ktoré stanovila súťaž ISTROBOT 2015 v kategórii „myš v bludisku“. Steny bludiska sú skonštruované z dosák, ktorých výška je 5cm a šírka je o veľkosti 1,3 cm.

Na spojenie stien bolo použité lepidlo na drevo a samorezné skrutky do dreva. Dosky boli ošetrené špeciálnym transparentným lakom na drevo. Veľkosť chodbičky bludiska predstavuje šírku 16,8 cm. Vonkajšia stena uzatvára celé bludisko. Povrch hornej a bočných stien bludiska odráža infračervené svetlo a povrch podlahy ho pohlcuje. Vrchná časť stien bludiska je ošetrená červenou plastovou lištou. Podlaha je zhotovená z plastovej dosky bielej farby.



Obr. 5. Cvičné bludisko pre robota



Obr. 6. Cvičné bludisko pre robota

Bludisko bolo navrhnuté tak, aby v ňom boli tzv. „slepé chodbičky“ a chodby, kde by sa robot mohol zacykliť. Štart robota je vyznačený nápisom štart a cieľ predstavuje kolík o veľkosti 1,3 * 1,3 cm s červeným vrcholom v pravom hornom rohu bludiska.

V. ZÁVER

V článku sme predstavili koncept malého mobilného robota určeného pre hľadanie cesty a v určitom type prostredia. Robot pre svoju orientáciu využíva dva typy snímačov, ktoré mu umožňujú detekovať steny bludiska a rôzne typy križovatiek. Funkčnosť robota bola demonštrovaná na pripravenom bludisku, v ktorom bol robot schopný nájsť cestu zo štartovacieho do cieľového poľa na základe pravidla pravej ruky (Obr. 6). Robot vznikol ako časť diplomovej práce na pracovisku Katedry elektrotechniky a mechatroniky a tvorí dobrý základ pre ďalší vývoj v oblasti mobilnej robotiky.

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 Yourk, 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.ceittechinnovation.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] RototChallenge: <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.