



## AUTONÓMNY MOBILNÝ ROBOT

Na prelome rokov 2009/2010 sa na Strojníckej fakulte STU začal črtiť nový projekt v oblasti mobilnej robotiky. Úlohou bolo navrhnuť a zrealizovať väčší mobilný robotický systém s Mecanum podvozkom a výkonným informačným systémom. Profesor Boris Rohal-Ilkiv na túto tému vypísal dve diplomové práce, pričom jedna sa zaoberala výhradne mechanikou a druhá elektronikou. TEXT/FOTO PAVOL KRASŇANSKÝ, FILIP TÓTH

**T**ento projekt má dve fázy. Prvou fázou je návrh a realizácia originálneho hardvéru, ktorého výsledkom je funkčná platforma mobilného robota, išlo teda hlavne o inžiniersku prácu. V druhej fáze, ktorá sa realizuje v rámci doktorandského štúdia, sa už zaoberáme vývojom mobilného robotického systému, ktorý bude schopný samostatného inteligentného správania v neznámom prostredí. Ide teda o vedecko-výskumnú prácu v oblasti robotickej lokalizácie a navigácie. Za zmienku stojí spomenúť, že je to prvý mobilný robot s mecanum podvozkom v Slovenskej republike.

### KONŠTRUKCIA

Konštrukcia robota je navrhnutá zo 6 a 2 mm hrubých duralových plechov. Obvod je vyrobený z dvoch symetrických kusov zvarovaných v prednej a zadnej časti. Spodný diel pozostáva z jedného kusa privareného po celom obvode. Horná časť je rozdelená na tri odnímateľné celky (predná, stredná a zadná). Predná časť

je vyhradená hlavne pre display a klávesnicu. Stredný diel je možné voľiť z dvoch variantov, a to buď variant s možnosťou pripevniť robotické rameno, alebo variant bez tejto možnosti. Zadný diel je určený pre rôzne ovládacie, signalizačné prvky a výkonové konektory. Konštrukcia zahŕňa aj nárazníky z duralu s kruhovým prierezom, na ktorých sú umiestnené senzory vzdialenosti a vysoko výkonné LED moduly. Na prvý pohľad sa konštrukcia robota môže javiť zbytočne masívna, ale takéto dimenzovanie bolo volené kvôli možnosti pripojenia robotického ramena s hmotnosťou 18 kg. Celkové rozmery robota sú 93 x 73 x 35 cm (dĺžka, šírka, výška) a celková hmotnosť presahuje 90 kg, pričom robot môže byť zaťažený o ďalších 90 kg. Tým, že konštrukcia podvozku je umiestnená po stranách robota, sa ušetrilo pomerne veľa miesta vo vnútri. Podvozok je vyrobený zo štyroch identických častí, kde každá časť je uchytená o prevodovku motora a tlmič. Ide teda o nezávislé zaťaženie všetkých kolies.

### PODVOZOK

Mecanum kolesový podvozok má oproti diferenciálnemu tri stupne voľnosti. Umožňuje pohyb po priamkach vo všetkých smeroch, robot sa teda môže pohybovať do boku aj sa otáčať okolo vlastného stredu. O Mecanum kolesovom podvozku môžeme povedať, že je holonómny, pretože umožňuje nezávislé riadenie všetkých troch stupňov voľnosti. Hovoríme teda o translácii v osi x, translácii v osi y a rotácii v osi z. Mecanum kolesá možno rýchlo vymeniť za konvenčné kolesá s dušou, s ktorými má robot diferenciálny podvozok.

### POHON

Pohonný subsystém obsahuje štyri jednosmerné motory s planétovou prevodovkou a IRC snímačom polohy. Výstupný krútiaci moment je 10 Nm. Každý motor je riadený vlastným mikroprocesorom, kde je implementovaný PSD (proporcionálno-sumačno-diferenčný) regulátor rýchlosti a PS regulátor polohy. Tieto regulátory umožňujú

veľmi presné a plynulé riadenie každého kolesa, zvlášť bez rázov pri zrýchľovaní a spomaľovaní. Maximálna rýchlosť robota je 0,73 m/s.

Mobilný robotický systém napája osem bezpečných lítiových akumulátorov na báze technológie LiFePO<sub>4</sub> (LFP) s prídavkom yttria. Nominálne napätie LiFePO<sub>4</sub> článku je zhruba 3,2 V (medzi 3,0 až 3,3 V). Udávaná životnosť presahuje 2 000 cyklov (až 8 000 cyklov). Použitý model je LFP40AHA s menovitou kapacitou 40 Ah a hmotnosťou 1,6 kg. V sérii je zapojených osem kusov, kde ich celková energetická kapacita dosahuje 1,2 kWh. Akumulátory vyžadujú špeciálny monitoring pri nabíjaní. Pri náročnejšom používaní robota vo výskumných a testovacích prácach sa jeho výdrž pohybuje okolo 8 hodín.

## RIADENIE

Na monitorovanie stavu akumulátorov, rozvetvenie a riadenie napájacieho napätia do všetkých elektronických systémov robota bol vytvorený inteligentný výkonový modul. Tento modul je riadený mikropočítačom, ktorý v každom čase vyhodnocuje aktuálnu spotrebu robota i stav akumulátorov a pri kritickom stave sám rozhoduje o tom, ktoré systémy budú odpojené od napájacieho napätia, pričom všetky namerané veličiny zobrazuje LCD displej.

Telo robota obsahuje plnohodnotný výkonný informačný systém, dimenzovaný pre výpočtovo náročnejšie úlohy, pozostávajúci z „klasických“ komponentov bežného stolového PC doplneného o komunikačné rozhranie, ktoré dokáže prijímať dáta zo snímačov a vyslať

akčné zásahy do pohonov. Pozostáva z ITX matičnej dosky, procesora Intel Core i5 660 3,3 GHz, 64 GB SSD disku, 4 GB DDR3 RAM pamäte a 10-palcového LCD. Počítač je možné ovládať pomocou bezdrôtovej klávesnice (myši) alebo cez sieť, či dokonca cez internet.

Robot má malú lokálnu LAN sieť, kde sú implementované všetky sieťové prvky. Komunikáciu s okolím sprostredkúva bezdrôtové lokálne pripojenie (wifi) na nelicencovaných pásmach 2,4 GHz a 5 GHz. Pre dátové prenosy na väčšie vzdialenosti má robot k dispozícii aktívny sieťový prvok Bullet M5 HP, pracujúci v pásme 5 GHz, pre ktorý je schopný vytvárať multikilometrové spoje pri skutočnej rýchlosti prenosu viac ako 100 Mbps.

Senzory sú umiestnené v každom rohu robota v pároch, vzájomne natočených o 90°, takže robot vie snímať vzdialenosti vždy pred sebou a na boku. Keďže senzory sú v každom rohu v páre, spolu je ich osem kusov z každého druhu. Senzory sú vždy v trojici (taktilný, ultrazvukový a infračervený). Taktilné senzory sa inak nazývajú ako aj antikolízne senzory. Môžeme ich brať ako poslednú informáciu o kolízii v prípade, že by zlyhali ostatné (ultrazvukové a infračervené) senzory a pracujú na mechanickom princípe. Okrem programového prístupu k hodnotám snímačov sú hardvérovo napojené k elektronike pohonov a v prípade kolízie táto elektronika deaktivuje pohony robota. V našom prípade senzor môže merať vzdialenosti až do 13 metrov. Posledné senzory sú infračervené, tiež často používané na poli mobilnej robotiky.

Ich merací rádius je do 1,5 metra. Nie sú vhodné do každého prostredia, napríklad ostré lúče slnka znemožňujú meranie. Do hlavného počítača sa priebežne posielajú namerané hodnoty zo snímačov. Výskumník, ktorý programuje senzorový systém, si sám volí, ktoré snímače je vhodné v danej situácii používať, samozrejme, so snahou navoliť bezpečnostné zóny robota tak, aby nedochádzalo k núdzovým zastaveniam robota. Opísané senzory poskytujú len veľmi chabý obraz o prostredí, preto bude robot doplnený o komplexnejšie laserové snímače a 3D kameru Kinect.

## OCENENIE ODBORNEJ VEREJNOSTI

Opísaný mobilný robotický systém bol používaný pri riešení semestrálneho projektu na Viedenskej univerzite s názvom: „Biologicky motivované metódy pre navigáciu mobilného robota“. Hlavným cieľom práce bol návrh a implementácia učiaceho mechanizmu mobilného robota na báze kombinácií genetického algoritmu a učenia sa s posilňovaním. Výhodou použitia tohto systému je schopnosť autonómne si vytvárať správanie. Vo výsledku bol mobilný robot s týmto systémom schopný učiť sa v neznámom prostredí princípom vyhýbania sa prekážkam a sledovania stien. Navrhnutý algoritmus pracuje v reálnom čase a vykazuje významné učiace atribúty. Robot bol prvýkrát predstavený verejnosti na Medzinárodnom strojárskom veľtrhu 2012 v Nitre, kde získal cenu veľtrhu.

V súčasnosti sa projekt dostáva do druhej fázy, v ktorej sa dokončuje konštrukcia a elektronika

Pavol Krasňanský (vľavo) a Filip Tóth s robotom a ocenením z MSV v Nitre



Pohľad do vnútornej konštrukcie robota



robota, pripravuje sa na aplikovanie algoritmov autonómneho riadenia v priestore a dokončuje sa montáž robotického ramena. Tieto algoritmy už budú využívať komplexnejšie laserové snímače a 3D kameru. Robot by mal v priestore sám nájsť hľadaný objekt (napríklad loptičku) a autonómne k nemu prísť, pričom sa má vyhýbať prekážkam, objekt uchopiť robotickým ramenom a premiestniť ho na určené miesto. ■

**Autori projektu:** Ing. Filip Tóth (elektronika), Ing. Pavol Krasňanský (mechanika), Strojnícka fakulta, STU Bratislava

**Školiteľ:** prof. Ing. Boris Rohal-Ilkiv, CSc., Ústav automatizácie, merania a aplikovanej informatiky, Strojnícka fakulta, STU Bratislava