

# SENSORY SYSTEM FOR MOBILE ROBOTS

**Hana Mlatecová**

Master Degree Programme (1), FEEC BUT  
E-mail: xmlate00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Luděk Žalud

E-mail: zalud@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

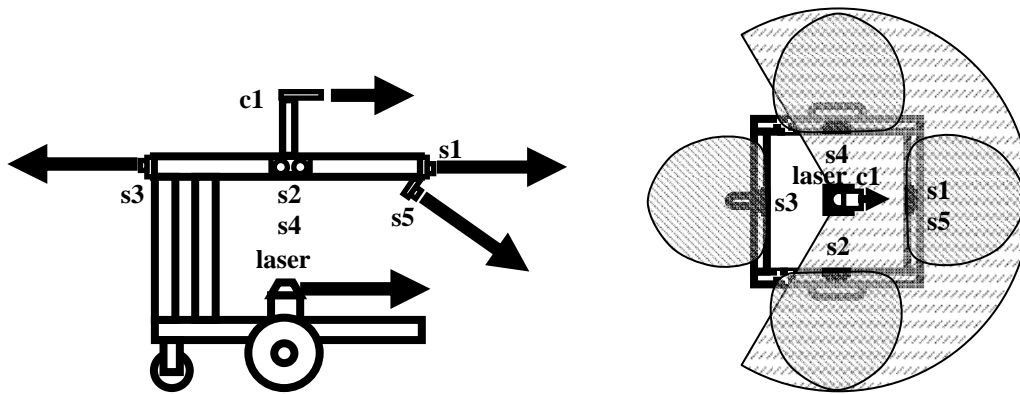
This article contains information about design and implementation of sensory system for mobile indoor robot. The text describes the selection criteria of individual sensors, their characteristic properties, features and placement on the robot platform. Finally, there is description of developed software for operation with sensors and data collected.

## 1. ÚVOD

Cílem této práce bylo navrhnout a realizovat senzorický systém pro mobilní robot, který se má pohybovat uvnitř budov a neumí překonávat větší nerovnosti (např. schody). Podvozek bude diferenciálně řízený krokovými motory. Data ze sensorů mají sloužit jako vstupní data pro globální navigaci (realizovanou neuronovou sítí), ale i pro lokální navigaci. Práce se zabývá seznámením se s různými typy sensorů použitelných pro danou problematiku a výběrem nejvhodnějších z nich. V textu je dále zdůvodněno zvolené rozmístění sensorů na robotické platformě a popis navrženého softwaru pro získání a zpracování dat.

## 2. VÝBĚR SENZORŮ - VLASTNOSTI

Návrh senzorického systému je komplexní proces, při kterém je nutno zohlednit nejen vlastnosti sensorů, ale také možnosti jejich vzájemného ovlivňování, pracovní prostředí robota, nároky na výpočetní výkon, aj. Prvním krokem k řešení je proto rozbor situace. K dispozici je robot pro pohyb uvnitř budov s diferenciálně řízeným podvozkem. Hnaná kola jsou poháněna krokovými motory. Potřebujeme získat informace o pozici v prostoru a natočení robota – pro globální navigaci a detekovat překážky v jeho bezprostředním okolí – pro lokální navigaci. Dalším krokem řešení bylo seznámit se s různými typy sensorů a vybrat ty z nich, které poskytnou požadovaná data. Pozici v prostoru je možné získat např. pomocí kompasu a enkodérů. Jako pohony kol jsou použity krokové motory, proto nebudou enkodéry potřeba – dostačujícím údajem bude počet kroků z krokových motorů. Pro detekci překážek a mapování okolí robota potřebujeme senzory s dosahem řádově od několika centimetrů až do několika metrů. Toto splňují pouze senzory ultrazvukové nebo optoelektronické. Konkrétně byly vybrány tyto: elektronický kompas, ultrazvukové sonary a proximní laserový skener. Data ze sonarů bereme pouze jako doplňková – hodnoty porovnáme s daty z laseru. Pokud je vzdálenost naměřená laserem menší než ze sonaru, vezmeme hodnotu z laseru.



**Obrázek 1:** Rozložení senzorů – boční pohled, vyzařovací charakteristika – pohled shora

Je-li vzdálenost srovnatelná (počítáme s tolerancí, např. 2cm, 5cm), pokud sonary detekovaly stejnou překážku, vezmeme taktéž data z laseru, protože jsou přesnější. V případě, že sonar detekoval překážku blíže než laser, je nutné to zohlednit – data z laseru jimi budou nahrazena.

### 2.1. ELEKTRONICKÝ KOMPAS CMPS03

Jedná se o kompas, který byl speciálně navržen pro robotické aplikace jako součást navigačního systému. Ze signálu dvou navzájem na sebe kolmých magnetorezistivních senzorů vypočítává směr horizontální složky geomagnetického pole. Informace o azimutu je dostupná z pulsně-šířkové modulace (PWM) jako doba trvání výstupního pulsu nebo přes I2C čtením z příslušných registrů. Rozlišovací schopnost  $0,1^\circ$ , přesnost 3 až  $4^\circ$ .

### 2.2. SENZOR SRF10

Tento ultrazvukový sonar komunikuje přes I2C sběrnici. V jednom systému může být zapojeno až 16 sonarů, pokud každý z nich bude mít různou adresu. Zápisem do různých registrů můžeme nastavovat rozsah měření, maximální zesílení a v neposlední řadě spustit měření. Podle startovacího příkazu obdržíme výsledky měření (čtením z registrů) v centimetrech, palcích nebo mikrosekundách. Při měření je třeba dodržet časovou prodlevu mezi jednotlivými měřeními, aby se nestalo, že při druhém měření zachytíme echo z prvního – objekt by se nám jevil blíže, než ve skutečnosti je. Dle výrobce je skutečný dosah sonaru 6 m (při maximálním zesílení), min. detekovatelná vzdálenost 10 cm a vyzařovací charakteristika  $55^\circ$ .

### 2.3. LASEROVÝ SKENER HOKUYO URG-04LX

Jedná se o lehký a přesný senzor pro skenování okolí. Jako zdroj záření používá infračervený laser I. bezpečnostní třídy. Fázově diferenční metoda měření je kombinována s měřením TOF (Time-Of-Flight). To snižuje závislost přesnosti měření na barvě objektu a lesklosti jeho povrchu. Skener má dosah 2 cm až 5 m s rozptylem  $0 - 240^\circ$  (rozlišení 1 mm, úhlové rozlišení  $0,36^\circ$ ). Senzor je napájen 5 V, komunikace je možná přes RS-232 nebo USB. Různým nastavením lze získávat data sekvenčně nebo kontinuálně s různou přesností (2 nebo 3 bytová reprezentace dat). Lze také nastavit měření pouze části měřeného rozsahu nebo určit frekvenci skenování apod. Více v [2].

### 3. ROZLOŽENÍ NA PLATFORMĚ

Nejdůležitějším senzorem je laserový skener, protože je nejpřesnější. Podle něj byla upravena platforma. Vzpěry konstrukce jsou pouze v zadní části robota z důvodu velkého rozsahu laserového skeneru (0 – 240°). Vzpěry vpředu by omezily výhled. Senzor je umístěn do středu podvozku proto, že je to zároveň střed otáčení robota. Dosah ve všech měřených směrech tedy bude od středu robota stejný. Dalšími umístěvanými senzory jsou kompas a ultrazvukové sonary. Pro větší přehlednost označme kompas c1 a sonary s1 až s5. Kompas je náchylný na rušení, proto musí být umístěn nad celkovou konstrukcí (cca 15 cm nad vrchní hranu konstrukce), aby byl co nejméně rušen řídicí elektronikou. Držák je vhodné zhotovit z nemagnetického materiálu. Sever kompasu je orientován rovně po směru pojezdu dopředu. Ultrazvukové senzory jsou rozmístěny dle obrázku 1 – na každou stranu jeden: s1 směřuje dopředu, s2 vpravo, s3 dozadu a s4 vlevo. Poslední sonar s5 je přídatný vpředu – skloněný dolů. Sonary s1 až s4 jsou určeny ke zjištění případných překážek, které by laserový skener nedetekoval – překážka nebyla ve výšce vyslaného paprsku nebo mohla paprsek pohltit či odrazit jinam než zpět. Senzor s5 kontroluje, zda je před robotem podlaha – ochrana před spadnutím ze schodů.

### 4. ŘÍZENÍ A SBĚR DAT

Navržený sensorický systém obsahuje laserový skener, elektronický kompas a až 5 ultrazvukových sonarů. Řídicí jednotkou systému je mikrokontrolér Amel ATmega8. Nadřazeným systémem je řídicí program RobotControl (napsán v Microsoft<sup>TM</sup> C#.NET) v notebooku, který je umístěn na robotu. Laserový skener umožňuje komunikaci přes USB, proto je připojen kabelem přímo do notebooku a je tak obsluhován přímo ve vyšším řídicím algoritmu (vlastní třídou). Jako jediný senzor tedy není řízen mikroprocesorem ATmega8. Ten je naprogramován tak, aby cyklicky obsluhoval všechny připojené senzory (kompas a sonary) a data z nich posílal přes převodník USART/USB rovněž do notebooku k dalšímu zpracování. K tomuto účelu byla navržena a vyrobena deska plošných spojů.

### 5. ZÁVĚR

Při realizaci sensorického systému pro zadaný robot byl vytvořen software pro ovládání laserového skeneru, hardware a software pro ovládání senzorů komunikujících přes I2C sběrnici a řízených mikrokontrolérem. Navržený systém je schopen dodávat dostatečně přesná data vyššímu řízení. Přesto je co vylepšovat – přesná data z laseru nejsou dostupná v 360° okolí. Možným řešením je rotace senzoru (bez nutnosti otáčet robot), což by vedlo k velkému zpomalení měření. Jinou variantou je přidání druhého přesného skeneru orientovaného opačně (směrem dozadu ve smyslu pohybu robota). Případným dalším vylepšením je výměna použitých sonarů za přesnější – s užší vyzařovací charakteristikou.

### LITERATURA

- [1] H.R. Everett, Sensors for Mobile Robots - Theory and Application, A K Peters, 1995, ISBN 1-56881-048-2
- [2] Hokuyo. *URG series download pages*. Hokuyo Automatic Co., Ltd. [on-line] (2009) [http://www.hokuyo-aut.jp/cgi-bin/login\\_urg.cgi](http://www.hokuyo-aut.jp/cgi-bin/login_urg.cgi)
- [3] Novák P. Mobilní roboty – pohony, senzory, řízení. BEN, Praha, 2007