

# NAVIGATION OF AUTONOMOUS OUTDOOR MOBILE ROBOT

**David Herman**

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xherma16@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Filip Orság

E-mail: orsag@fit.vutbr.cz

## ABSTRACT

This paper deals with the topic of design of a navigation system for an autonomous mobile robot in a park-like environment. Precisely, designing methods for road detection using available sensoric system, designing a mathematical model for fusion of these data, and suggesting a representation of an environment suitable for planning and local navigation.

## 1 ÚVOD

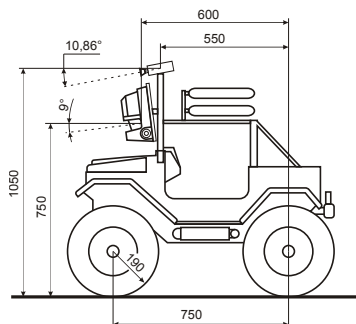
V posledních letech je v civilní sféře populární výzkum autonomních mobilních vozidel sloužících pro transport osob nebo zboží. S problematikou všech pohybujících se systémů úzce souvisí otázka jejich navigace, jež zastřešuje velice složitou sekvenci podúloh, počínaje sběrem dat ze senzorů, lokalizací, tvorbou modelu okolního prostředí, plánováním a konče samotnou realizací ustanoveného plánu.

Nadto je třeba, aby robot uměl řešit nečekané situace, kolize s překážkami apod., neboť reálné prostředí, v němž se pohybuje, představuje vysoce dynamický systém.

## 2 EXPERIMENTÁLNÍ PLATFORMA

Jako základ pro vytvoření pohyblivého vozidla je použito modifikované dětské vozítko PégPéregó z tvrzeného plastu. Pro bezpečné uchycení senzorů byl přidán kovový rám z ohýbaného plechu, který je pevně spojen s kostrou robota. K rámu je připevněna přihrádka pro uchycení notebooků. Kvůli přemístění těžiště byly přesunuty baterie z přední části auta do části zadní. Dále bylo nahrazeno hřebenové řízení servomotorem, který je přímo připojen na táhla kol. Snaha o potlačení otřesů vedla k výměně originálních plastových kol za kola gumová a také k odpružení podvozku (viz obr. č. 1, mechanická konstrukce robota).

Senzorický systém robota tvoří optický dálkoměr od firmy SICK LMS 221, barevná kamera SONY FCB-IX11AP, inerciální jednotka s čipem ADIS163262 a GPS přijímač s čipem SIRF3. Dále je robot vybaven odometrem a elektronickým kompasem CMPS03.



**Obrázek 1:** Mechanická konstrukce robota, promítnutí lidarových dat do obrazu.

### 3 NAVIGACE

Navigace je souhrnný pojem zastřešující různé postupy pro stanovení polohy a hledání cesty dle zvolených kritérií. S ohledem na měřítko a typ podúlohy dělíme navigaci do dvou hlavních kategorií, a to na lokální navigaci a globální navigaci. Globální navigace řeší pohyb a lokalizaci robota mezi globálními cíli. Náplní lokální navigace je řešení dílčích situací v nejbližším okolí robota.

#### 3.1 LOKÁLNÍ NAVIGACE

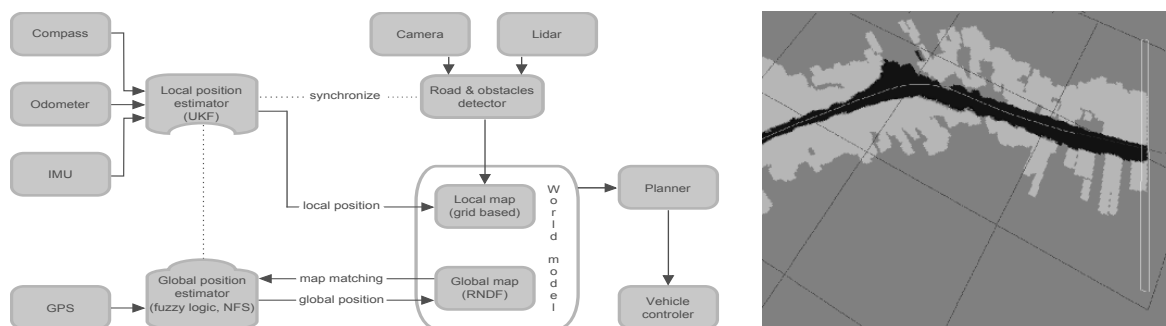
V detekci sjízdného povrchu a překážek se uplatňují data z laserového dálkoměru a barevné kamery. Vlastní metoda detekce cesty je vybudována na těchto předpokladech:

- cesta je tvořena prostorově souvislou množinou bodů s význačnou barvou,
- cesta má nízkou míru „hrbolatosti“ a nulový, nebo velmi malý sklon,
- cesta je nejméně tak široká, jako je šířka robota,
- cestu lze aproximovat rovinou.

Díky uvedeným předpokladům lze definovat dostatečně diskriminativní příznaky jako jsou hrbolatost, prostorová souvislost, barevný profil cesty aj., které umožňují relativně úspěšnou detekci sjízdného povrchu (viz obr. č. 2, lokální mapa).

Jako abstraktní model prostředí pro fúzi zpracovaných sensorických dat byla zvolena 2D mřížka obsazenosti, kde hodnoty buněk reprezentují míru jistoty rozpoznávacích algoritmů cesty (věrohodnostní přístup). Klíčovým prvkem sensorické mapy je pevná souřadná soustava určená počátečním bodem, ke kterému jsou lokalizována všechna měření. Mapování výstupu detekce probíhá dle dat z lokálního pozičního estimátoru (obr. č. 2, soft. architektura).

Lokální poziční estimátor je *de facto* virtuálním senzorem agregujícím data z odometry, kompasu a inerciální jednotky na základě dynamického modelu robota s využitím UKF (Unscented Kalman Filter, [1]). Data z GPS senzoru nejsou díky své povaze chyb agregována kalmanovým filtrem již v tomto bodě, neboť pro přesnost lokální mapy při lokální navigaci v jednotkách metrů není rozhodující a ani podstatná akumulací chyb, ale plynulá změna mezi udávanými polohami vozidla pro zajištění korektního mapování výsledků detekce.



**Obrázek 2:** Softwarová architektura robota, výsledek detekce cesty (lokální mapa).

## 3.2 GLOBÁLNÍ NAVIGACE

Kombinace globálního polohovacího systému a interního navigačního systému (INS) má doplňující se vlastnosti. GPS poskytuje globální poziční informaci s nízkou frekvencí, avšak bez integrační chyby. Právě nízkou frekvencí a občasnou nedostupností dat lze kompenzovat INS, jenž není závislý na vnějších signálech a představuje spojitý měřicí systém.

Globální odhad pozice robota je nejprve získán z GPS senzoru a lokálního estimátoru pomocí fuzzy logiky. Následně je provedena konfrontace výsledku s dodanou mapou ve formátu RNDF aplikováním porovnávací techniky *point-to-curve* a případná korekce globální pozice.

## 4 ZÁVĚR

Navigace autonomních mobilních robotů představuje komplexní úlohu, jež se koncentruje do schopnosti přesunu robota z aktuální pozice na pozici cílovou. Náplní této práce je návrh základního konceptu fúze sensorických vjemů robota a jeho lokalizace.

Pouze běh robota v reálném prostředí může zaručit správnost a použitelnost uvedených metod, protože samotná počítačová simulace není schopna postihnout všechny aspekty, které mohou ve skutečném okolí robota nastat. Proto je představený koncept testován v praxi na reálné experimentální platformě jménem Karlík realizované pod záštitou projektu Roboauto. Finální prověrkou celé architektury pak bude účast na soutěži Robotour 2010.

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Tomáši Ondráčkovi, Ph.D. za konstruktivní připomínky a nápady, Ing. Janu Najvar-kovi, Ph.D. za svěží myšlenky a vůbec celému týmu roboauto za to, že nám to více jezdí, nežli stojí.

Tato práce vznikla částečně za podpory grantu VUT FIT, FIT-S-10-1 a specifického výzkumu MSM0021630528.

## REFERENCE

- [1] S.J. Julier and J.K. Uhlmann. A new extension of the Kalman filter to nonlinear systems. In Proc. of AeroSense: The 11th International Symposium on Aerospace/Defence Sensing, Simulation and Controls, 1997.