

NAVIGATION SYSTEM FOR OUTDOOR MOBILE ROBOT TIM2

Ivo Maceček

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xmacec00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Luděk Žalud

E-mail: zalud@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The article proposes design of navigation system for outdoor mobile robot. Special attention is applied to satellite system GPS. In consideration of some GPS disadvantages (absolute position accuracy, objects speed movement limit) are used aid methods. First is DGPS (differential GPS) method for better position estimation of robot. Next one is based on data fusion from electronic compass, which define object orientation.

1. ÚVOD

V současné době je pro určování polohy a navigace venkovních mobilních zařízení často využíváno družicových systémů. Ty přináší uživateli podstatné informace o poloze a orientaci objektu v daném souřadném systému. Vzhledem k omezením satelitního určování polohy, bylo nutné kompletní navigační algoritmus konstruovat ve spojení s dalšími podpůrnými metodami, které dané nedostatky kompenzují.

Celý navigační systém je implementován v řídicím počítači venkovního mobilního robotu, který vzniká kooperací čtyřčlenného týmu TIM2. V rámci zadaných bakalářských a diplomových prací byly řešeny dílčí úlohy spojené s kompletní konstrukcí autonomního stroje.

2. POPIS NAVIGAČNÍHO SUBSYSTÉMU

Daný popis realizace navigačního subsystému robotu je rozdělen do dvou následujících podkapitol, které se zabývají hardwarovým zapojením snímačů a softwarovým zpracováním získaných dat.

2.1. HARDWAROVÉ ZAPOJENÍ

Hlavním prvkem jsou dva totožné GPS přijímače firmy Magellan s produktovým označením DG14. Ty slouží k realizaci diferenciálního GPS režimu [1], který zvyšuje přesnost určení absolutní polohy. První přijímač je součástí referenční stanice, která je pevně umístěna na známé pozici. Bezdrátovým přenosem pomocí modulů ELPRO 805U (pracující na frekvenci 868MHz) jsou přenášeny korekce do druhého GPS přijímače na robotu. Ten je již připojen přes komunikační rozhraní RS232 k řídicímu počítači, který zároveň slouží

jako zdroj napětí pro 5V DC. Robot je vybaven dvěma 12V bateriemi pro zvláštní napájení motorů a elektroniky (do této části je připojen i bezdrátový komunikační modul).

Dalším použitým zařízením je elektronický kompas s označením CMPS03, který byl vytvořen speciálně pro požadavky robotiky. Snímání magnetického pole je prováděno ve dvou osách a uživatelé jsou podávána data o azimutu v rozsahu 0-359,9°. Vzhledem k tomu, že magnetické pole není měřeno ve všech směrech, je u daného snímače podmínkou správné funkce vodorovné uložení (jakýkoliv náklon způsobuje chybu měření). Napájení je realizováno ze zdroje 5V DC a výstupní data jsou zprostředkována ve formě PWM signálu nebo přes sběrnici I2C. Použito bylo druhé varianty ve spojení s mikroprocesorem Atmega16, který slouží jako převodník z I2C na rozhraní RS232. Tato data jsou poté opět zpracována v řídicím počítači.

Na obrázku 1 je zobrazen robot TIM2 s popisem umístění GPS přijímače (společně s externí anténou) a elektronického kompasu.

2.2. SOFTWAREVÉ ZPRACOVÁNÍ NAVIGAČNÍCH DAT

Řídicí počítač používá operační systém ArchLinux. Algoritmus navigačního subsystému je vytvořen v programovacím jazyku C++. Jeho hierarchie je složena z hlavního obslužného programu, který je součástí více vláknové struktury, a knihovny funkcí.

Po spuštění programu je nejprve inicializován přijímač GPS pomocí výrobcem definovaných zpráv. Následuje načtení mapy prostředí ze souboru, který splňuje typ formátování RNDP. Dle definice je reálné prostředí rozděleno na virtuální segmenty. Ty jsou v programu uloženy v poli prvků podle svých indexů. Posledním krokem je načtení pořadí indexů úseků k projetí, které uživatel zadá opět do souboru.

Následuje přechod do nekonečné smyčky, která je spouštěna příchodem dat z GPS přijímače. Perioda zasílání zpráv je nastavena na 1s. Tyto zprávy jsou definovány komunikačním protokolem NMEA. Pro základní navigační informace je používána zpráva typu RMC (čas, datum, zeměpisná šířka, zeměpisná délka, rychlost, azimut, určení S/J a V/Z polokoule). Po přijetí zprávy následuje algoritmus smyčky popsany dále.

V prvním kroku je zpráva dekodována do programové struktury určené pro uložení zmíněných dat. Při ukládání zeměpisné šířky a délky objektu je prováděn převod ze souřadného systému WGS-84 do souřadnic UTM. Jejich výhodou je určování polohy od středu v metrech a pro výpočet vzdálenosti umožňují využít Pythagorovy věty. Při přijetí prvních souřadnic je provedena lokalizace. Jedná se určení segmentu, ve kterém se robot právě nachází. Poté je sestaveno přesné pořadí waypointů tak, aby bylo postupně dosaženo všech uživatelem zadaných segmentů. Následujícím krokem je datová fúze s elektronickým kompasem, která je podrobně popsána v kapitole 3. Poslední fází je vypočtení navigačních dat (požadovaný směr a odchylka robotu, vzdálenost do cíle, dosažení cíle) a jejich zaslání do řídicího vlákna, která rozhoduje o kontrole samotného robotu.

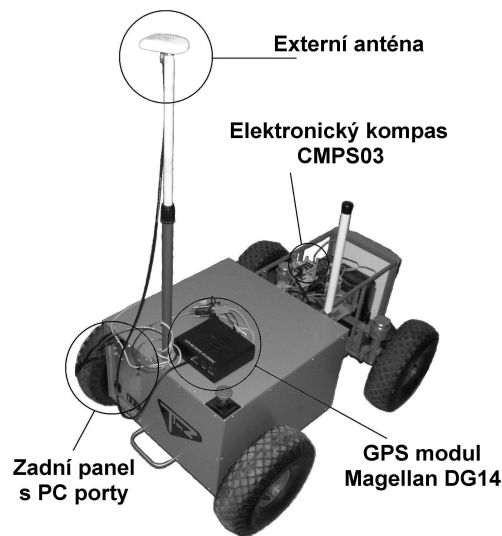
3. DATOVÁ FÚZE GPS S ELEKTRONICKÝM KOMPASEM

Systém GPS poskytuje uživateli informace o azimutu, ale přesnost je podmíněna rychlostí objektu. Robot dosahuje maximální rychlosti pouze $1,6\text{m s}^{-1}$ a ta je nedostatečná pro určení orientace. Měření azimutu je tedy prováděno pomocí elektronického kompasu. Druhým podstatným omezením GPS je dostupnost signálu družic. Při ztrátě signálu je uložena poslední známá poloha, ale další informace o její změně nejsou dostupné. V tomto případě je

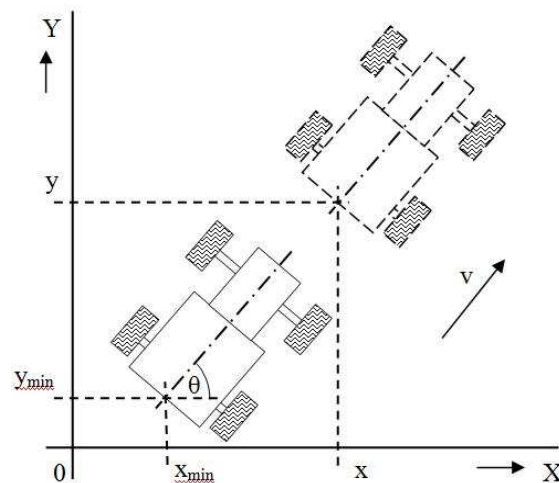
aplikována metoda Dead Reckoning [3]. Při znalosti rychlosti objektu v a jeho natočení θ lze určit změny souřadnic polohy. Ty jsou postupně integrovány a poloha robotu je známa i při ztrátě signálu z družic.

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{min} \\ y_{min} \end{bmatrix} + v \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} \quad (1)$$

V rovnici (1) je numericky vyjádřen popsáný výpočet. Vektor $[x_{min}, y_{min}]$ definuje poslední známé souřadnice. Po přičtení přírůstku polohy získáme nové souřadnice robotu v prostoru $[x, y]$. Grafické zobrazení modelu je na obrázku 2.



Obrázek 1: Uspořádání navigačních prvků



Obrázek 2: Určení polohy robotu metodou Dead Reckoning

4. ZÁVĚR

Samostatný systém GPS je moderním navigačním nástrojem. Zvýšení přesnosti měření polohy bylo dosaženo aplikací diferenciální GPS. Dalším limitujícím faktorem je dostupnost signálu družic, který je úspěšně potlačen datovou fúzí s elektronickým kompasem. Celek byl testován v rámci soutěže Robotour 2009, kde se robot umístil na 7. místě.

LITERATURA

- [1] Hrdina, Z., Pánek, P., Vejražka, F.: Radiové určování polohy, Praha, 1995, ISBN 80-01-01386-3
- [2] Farrell, J., Barth M.: Global positioning system and inertial navigation, The McGraw companies, 1999, ISBN 0-07-022045-X
- [3] Šolc, F., Žalud, L.: Robotika, Elektronická skripta, 2006, [cit. 2009-10-12]