

Globálna navigácia mobilných robotov a použitie filtrov

Kamil Židek, Tomáš Saloky, Vladislav Maxim

Abstrakt

Článok popisuje možnosť navigácie mobilných robotov pomocou GPS systémov. Nosným bodom je predstavenie funkčnej implementácie GPS do mobilného robota a vizualizácia dát o polohe robota v najvyššej úrovni riadenia. Zaoberá sa tiež problematikou zlepšenia presnosti tohto riešenia filtráciou dát pomocou kalman filtra.

Kľúčové slová: GPS senzory, Kalman Filter, Inkrementálne snímače, WAAS.

Úvod

Tento článok popisuje metódy pre navigáciu mobilných zariadení, použitím GPS systémov. Ďalej smeruje k praktickým požiadavkám mobilných zariadení, ako je presnosť a spoľahlivosť, a implementačné podmienky. Dokument zahŕňa základy jednoduchšej implementácie NMEA protokolu a prehľad dostupných programovacích knižníc vrátane simulácie filtrácie dát pre zlepšenie presnosti GPS systémov. Praktická aplikácia predstavuje implementáciu GPS do mobilného robota spracovanie údajov z GPS systému jeho dekódovanie a komunikáciu z hornou úrovňou riadenia, ktorá je schopná dáta previesť na vizuálnu informáciu o polohe robota na bitmapovej mape prostredia.

1. Presnosť GPS systémov

Všeobecné informácie o princípe GPS systémov si môžete pozrieť v niektorých mojich predošlých článkoch [2], [3]. V tejto kapitole sa budem zaoberať problémom zvýšenia presnosti GPS systémov, keďže základná presnosť GPS sa pohybuje okolo 10-12 metrov, čo je pre navigáciu mobilných robotov dosť nepresná informácia.

- **Technológia INS:** Pridaním INS zariadenia ku GPS navigačnému systému, spozorujeme výrazné zlepšenie. Presnosť sa pohybuje v rozmedzí jedného metra záleží od použitého INS zariadenia. V tejto konfigurácii GPS poskytuje krátkodobú presnosť, pokiaľ INS poskytuje dlhotrvajúcu stabilitu – ich kombinácia produkuje vhodný systém pre navigáciu. Výstup z oboch systémov je porovnávaný a vhodne filtrovaný, taktiež sú robené korekcie na oboch systémoch. V tomto systéme je z široko používaných filtrov implementovaný *Kalman* filter, ktorý kombinuje dve odhady a poskytuje najviac pravdepodobný odhad.
- **Technológia DGPS:** (Differential GPS) pomocou tohto procesu môže byť presnosť zlepšená na 1 meter. DGPS zahŕňa druhý prijímač na fixnej pozícii na výpočet korekcie k GPS dátam. Ako sú tieto výpočty poskytované? Existuje mnoho bezplatných služieb založených na DGPS korekciách. Priplatením u týchto služieb si môžeme presnosť ešte trochu viac zlepšiť.
- **WAAS: (Wide Area Augmentation System)** je extrémne presný navigačný systém vyvinutý pre civilnú navigáciu. Pred WAAS, U.S. National Airspace System (NAS) nemal možnosť poskytnúť horizontálnu a vertikálnu na-

vigáciu pre presné operácie pre všetkých užívateľov vo svete. S WAAS, sa táto možnosť stáva realitou. WAAS poskytuje služby pre všetky letecké operácie vrátane cestnej navigácie a pristávacích plôch. To zahŕňa presné pristávanie vo všetkých poveternostných podmienkach. WAAS je v súčasnosti dostupný v USA, v niektorých pacifických oblastiach, a Európe známy ako systém EGNOS. Tento systém je dostupný od roku 2001, v limitovanej časti sveta. Zlepšuje presnosť na 3 metre.

Z uvedených metód spresnení polohy sa pre mobilnú navigáciu najviac hodí WAAS. DGPS nie je dostupný všade a je zväčša aj spoplatňovaný. INS senzory a ich implementácia je finančne náročná. WAAS technológia je v novších modeloch GPS prijímačov integrovaná štandardne takže záleží iba na užívateľovi či túto možnosť využije. Ideálne riešenie je použitie GPS + WAAS pričom údaje o polohe sú ďalej spresnené pomocou Kalman filtra a kombinované s údajmi o lokálnej polohe robota napr. informáciami z inkrementálnych snímačov a natočenia prípadne z informácií z digitálneho kompasu.

1.1 GPS Senzor

Pre získavanie aktuálnej polohy robota som použil GPS zariadenie tzv. „mouse“ z integrovanou anténou bez batérie a displeja s externým napájaním pričom dáta posielajú cez sériový port a zároveň aj v TTL úrovni. V navrhnutom riešení je využitý sériový výstup ako komunikačné rozhranie pre pripojenie GPS konektora na vreckový počítač, ktorý disponuje týmto rozhraním. (Ak by sme chceli GPS dáta spracovávať na najnižšej úrovni v mikrokontroléri využili by sme druhé rozhranie ponúkané GPS zariadením s úrovňou signálu TTL.) Napájanie GPS zariadenia zabezpečuje vreckový počítač upraveným konektorom, ktorý napája GPS priamo z batérie vreckového počítača. GPS vysiela dáta v sekundových intervaloch. Tieto dáta sú v nespracovanej forme ďalej posielané cez wi-fi bezdrôtové spojenie do najvyššej úrovne riadenia na ďalšie spracovanie. Použitý GPS snímač je od firmy navilock táto kategória snímačov sa pohybuje v cenách do 2000 Sk. Prehľad parametrov snímača Navilock NL-208P:

- Prenosová rýchlosť 4,800 bps, TTL/RS232, Protokol NMEA0183 V2.2, GGA, GSA, GSV, RMC, GLL
- Horizontálna pozícia 10 metrov s 2D RMS a 3 metre s 2D RMS plus Waas/Egnos.
- Rýchlosť 0.1m/sec 95%
- Rozmery 41 x 41 x 18mm, 5V DC, cca. 90mA



Obr.1 GPS zariadenie typu „mouse“

Fig.1 GPS mouse

Všeobecné dáta ktoré môžeme získať z GPS prijímača:

- Zemepisnú šírku (X polohu),
- Zemepisnú dĺžku (Y polohu),
- Nadmorskú výšku (Z polohu),
- Rýchlosť pohybu GPS senzora,
- Dátum a čas.

Ukážka odchytených dát zasielaných GPS systémom cez sériový port:

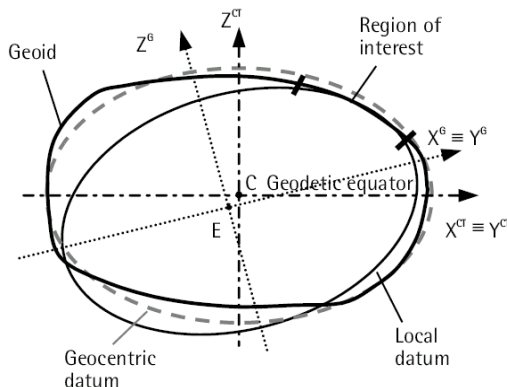
```
$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,23039
4,003.1,W*6A
```

Obyčajne potrebujeme GPS dáta uložiť a manipulovať s nimi v hornej úrovni riadenia. Na prenos dát je vhodné použiť bezdrôtový prenos. Prenosová rýchlosť GPS zariadení je relatívne nízka zväčša prenášajú dáta rýchlosťou 4800 kbps. Existuje množstvo lacných modulov schopných bezproblémovo preniesť také množstvo dát do radiaceho počítača napr. od firiem Aerial, Atmel, Motorola. V navrhnutom riešení sa o prenos dát stará vreckový počítač, ktorý posiela zachytené dátové reťazce pomocou technológie wi-fi.

1.2 Mapy pre navigáciu

Je možné použiť bitmapové alebo vektorové mapy pre navigáciu. Táto mapa musí byť kalibovaná pre GPS navigáciu. To znamená že okrem obrazovej informácie musí obsahovať aj informáciu vo forme súradníc. Ako bitmapovú mapu je možné použiť geografické alebo satelitné mapy. Bitmapové mapy môžu byť uložené v jpg, bmp, tiff a navigačné údaje v textových súboroch alebo geotiff formáte, ktorý obsahuje okrem údajov grafických aj súradnicové údaje v jednom súbore. Vektorové mapy sú obyčajne uložené v špeciálnych formátoch napr. Garmin .img formáte alebo Shp ESRI formáte.

Koordináty na mapách môžu byť uložené v rôznych formátoch v súčasnosti najviac používaný je WGS84. **WGS 84** (Would Geodetic System 1984) je globálny geodetický referenčný systém založený v1984 a nahrádza predchodcu WGS 72. viď. Obr.2.



Obr.2 WGS84 Geodetický referenčný systém

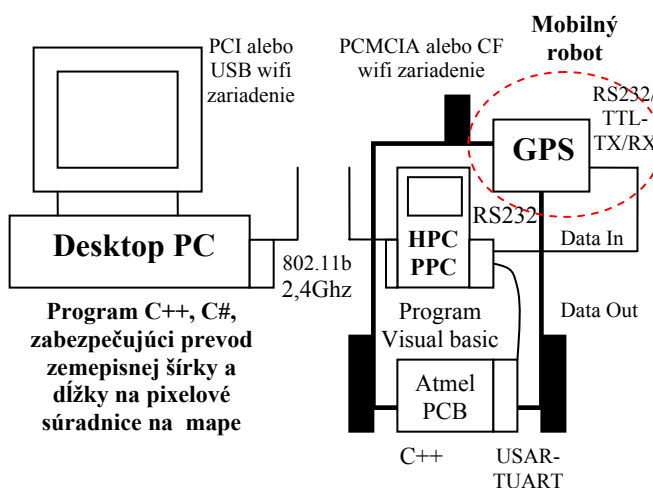
Fig.2 WGS84 Geocentric and local datums

1.3 Softwarová podpora pre transformáciu dát z GPS systémov

Pre vývojárov je jednoduchšie implementovať bitmapové mapy. Existuje množstvo "open source" riešení založených na linuxovej platforme GPS Manager (GPSMan) grafický manažér pre GPS dáta ktorý umožňuje prípravu dát, inšpekciu a zobrazenie v užívateľsky príjemnom prostredí podporuje komunikáciu v reálnom čase a umožňuje ukladanie dát v NMEA 0183 protokole z akéhokoľvek GPS prijímača. GpsDrive je automobilový navigačný systém. GpsDrive zobrazuje vašu pozíciu v NMEA protokole a umožňuje aj zväčšenie. V článku od Jon Person, "Writing Your Own GPS Applications: Part 1, Part 2", a A. Riaz, "Add GPS support to your desktop", je popísané dekódovanie MNEA protokolu programovaním v C++, C# a VB.NET (vrátane zdrojových kódov). Komerčný program MapE Library, pozostáva z 100 tried na 130.000 riadkoch C++ kódu. Iné komerčné riešenia GIS NET 1.0, GPS.net 1.0 or GPS.net 2.0., GPS Toolkit Pro v1.01 (ActiveX_Object). Niektoré riešenia iba dekódujú NMEA Protokol a niektoré sú tiež schopné zobraziť aktuálnu polohu na mape.

1.4 Implementácia GPS systému do mobilného robota

Schéma na obr.3 zobrazuje zaradenie GPS senzoru do radiaceho reťazca mobilného robota. GPS senzor komunikuje z druhou úrovňou riadenia(vreckový počítač). Táto úroveň posiela dáta o polohe na tretiu(najvyššiu) úroveň riadenia, kde sú ďalej dáta spracovávané a transformované na obrazovú informáciu o polohe robota.



Obr.3 Schéma mobilného robota s GPS zariadením

Fig.3 Scheme of Mobile Robot with GPS System

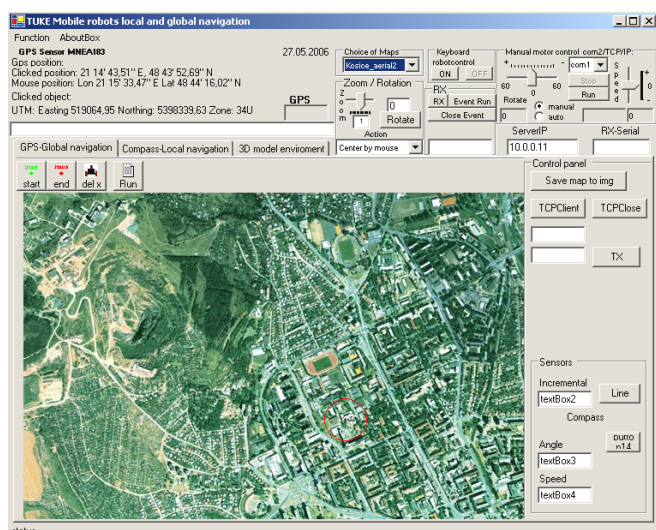
Princíp spracovania GPS dát: Z dátového reťazca RMC obsahujúceho rôzne údaje týkajúce sa polohy sú v tretej (najvyššej) úrovni riadenia extrahované dva základné údaje o zemepisnej šírke a dĺžke. Tieto sú ďalej transformované na pixelovú pozíciu na mape. Mapy použité pre zobrazenie aktuálnej polohy sú vopred kalibované tak, aby obsahovali informácie o zemepisnej šírke a dĺžke prevedené na dáta vo formáte x, y v súradnicovom systéme pre konkrétnu bitmapovú mapu.

RMC – poskytuje iba základné dáta (polohu, rýchlosť, čas). RMC, znamená doporučené minimum:

```
$GPRMC,123519,A,4807.038,N,01131.000,E,022.4,084.4,23030
6,003.1,W*6A
```

123519 Fixované o 12:35:19 UTC
 A Status A= aktívny or V= nič.
4807.038,N Zemepisná dĺžka 48 st. 07.038' N
01131.000, E Zemepisná šírka 11 st. 31.000' E
 022.4 rýchlosť
 084.4 sledovací uhol
 230394 Dátum – 23 Marec 2006
 003.1,W magnetická variácia

Je relatívne jednoduché tieto dáta extrahovať z tohto reťazca a použiť ich pre navigáciu mobilných zariadení.



Obr.4 Satelitná mapa Košíc
Fig.4 Aerial maps of Kosice



Obr.5 Zväčšenie 4x pre mapy areálu TU-Košice
Fig.5 Zoom 4x for maps of TU-Kosice

V riadiacom programe vid' obr. 4 a 5 je na mape poloha robota zobrazená dvoma červenými kružnicami. Väčšia z kružníc nám udáva všeobecnú informáciu o polohe. Menšia z kružníc nám udáva polohu v ktorej sa nachádza robot. Otočenie robota nám ukazuje čierna priamka. Je vypočítaná z každých dvoch po sebe nasledujúcich meraní polohy pomocou GPS. Orientácia robota môže byť tiež prípadne udávaná pomocou digitálneho kompasu. Implementáciou kalman filtra môže byť orientácia a poloha ďalej spresnená.

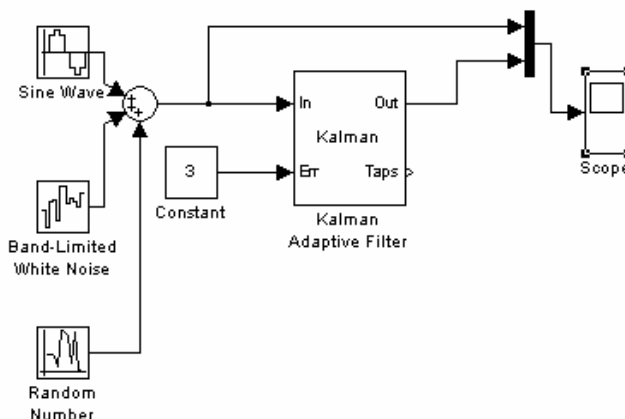


Obr.6 Mobilný robot s GPS zariadením
Fig.6 Mobile Robot with GPS System

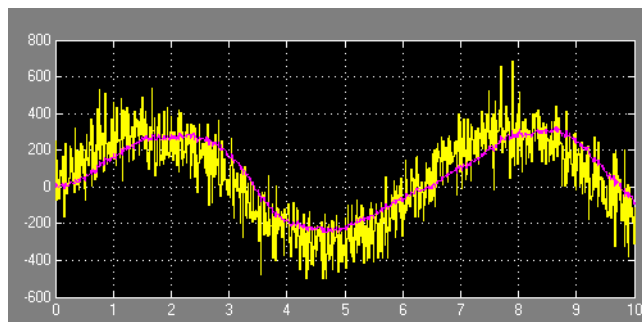
2. Kalman filter

Základné informácie ohľadom filtrovania dát si môžete naštudovať v článku [1]. Najvhodnejší filter ktorý je schopný spresniť dynamické dáta bez toho aby vykazoval pri rýchlych dynamických zmenách minimálne oneskorenie je kalmanov filter prípadne rozšírený alebo adaptívny kalmanov filter.

Účel kalman filtra je odhadnúť stav systému z meraní ktoré obsahujú náhodné chyby. Nasimulovaný príklad Obr.7,8 nám ukazuje ako úspešne je kalman filter schopný odhadnúť polohu, navzdory veľkému šumu v meraniach.



Obr.7 Schéma mobilného robota s GPS zariadením
Fig.7 Scheme of Mobile Robot with GPS System



Obr.8 Schéma mobilného robota s GPS zariadením
Fig.8 Scheme of Mobile Robot with GPS System

Test kalman filtra je simulovaný v matlab simulink pomocou komponenty kalman adaptive filter. Ako vstup „In“ do filtra je použitý sínusový signál (žltá čiara) na ňom je nasimulovaný rušivý náhodný signál. Tento signál je zvolený z dôvodu testovania oneskorenia kalman filtra na dynamickú zmenu vstupnej veličiny. V reálnom prípade by sme ako vstup použili napr. hodnotu zemepisnej šírky alebo dĺžky zaznamenávanú v sekundových intervaloch. Veličina „out“ je už filtrovaná veličina z kalman filtra v grafe znázornená ako fialová čiara. Veličina „err“ nám udáva aká veľká je chyba vo vstupnej veličine tu môžeme využiť hodnotu HDOP poskytovanú GPS zariadením, ktorá nám udáva s akou presnosťou sú posielané dáta o polohe.

Kalman filter môže byť používaný pre GPS systémy alebo systémy kombinované napr. INS/GPS. Pre lepšie porozumenie je k dispozícii „Kalman Filter Toolbox“ pre Matlab. Tento toolbox podporuje filtrovanie, vyhladzovanie a parametrický odhad (použitím EM) pre lineárne dynamické systémy.

*Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantového projektu
KEGA č. 3/120103 Virtuálne programové moduly systémov
s umelou inteligenciou.*

Záver

GPS Systém ako taký neponúka dostatočné rozlíšenie pre použitie ako osamotený systém pre navigáciu mobilných zariadení. Požadovaná presnosť pre mobilné zariadenia sa pohybuje v medziach presnosti okolo 1-2m. To umožňuje systému GPS pracovať ako systému pre predbežné určenie polohy. Pre reálne aplikácie musia byť použité ďalšie metódy na spresnenie polohy, napr. rôznymi filtermi prípadne so súčinnosťou s pozemnými značkami na získanie adekvátneho zafixovania polohy. Keď uvažujeme o navigačnom systéme pre mobilné zariadenie je tu množstvo premenných ktoré musíme uvažovať, vrátane veľkosti prijímača, presnosti, nákladov, náklady na celkovú implementáciu vrátane integrácie pre dátovú komunikáciu, čas prvého zafixovania polohy, frekvencia získavaných dát a čas nastavenia. GPS Navigačné systémy na báze GPS sú vhodné iba pre vonkajšie „outdoor“ aplikácie a presnosť klesá vo veľkých mestách a lesných porastoch. Predstavené riešenie využíva systém GPS a WAAS technológiu na spresnenie polohy. Ďalším krokom v navrhnutom mobilnom riešení bude implementácia kalman filtra do vyššej úrovne riadenia a zároveň overenie prevedenej simulácie filtrovania dát.

Literatúra

- [1] WINKLER, Z.: Filtrace dat, jak se vypořádat s nepřesnými daty, www.robotika.cz, 2005-11-10
- [2] ŽIDEK, K. - SALOKY, T. - POLANECKÁ, I.: Usability of GPS systems for mobile robots navigation. In: SAMI 2006 : 4 th Slovakian - Hungarian Joint Symposium on Applied Machine Intelligence : Proceedings : Herľany, January, 20-

21, 2006. Budapest : Budapest Polytechnic, 2006. s. 266-277. ISBN 963-7154-44-2.

[3] ŽIDEK, Kamil - SALOKY, Tomáš: GPS systémy pre navigáciu mobilných zariadení s pomocou PC. In: Transfer inovácií. Košice : SJF-TU, 2005. s. 158-161. Internet: <<http://www.tuke.sk/sjf-icav/stranky/transfer/8-2005/pdf/158-161.pdf>> ISBN 80-8073-461-5.

[4] Kevin MURPHY, K.: Kalman filter toolbox for Matlab .1998. Last updated: 7 June 2004.

[5] Jonathan, Mobile Robot Navigation, An Overview of Global Mobile Robot Navigation: Global Positioning Surprise 97, 20 May 1997.

[6] Gebrauchsanweisung, Produkt-Nr.: 61347, Beschreibungs-Nr.: Rev. 1.1, www.navilock.de, NL-208P GPS Empfänger

Abstract

The contribution introduces usability of GPS systems for mobile robots navigation, over medium sized areas. This document include fundamentals of easy implementation with NMEA protocol and available programming tools.

Ing. Kamil Židek, PhD.

Technická Univerzita Košice
Strojnícka fakulta
Katedra automatizácie a riadenia
Komenského 9
042 00 Košice
E-mail: Kamil.Zidek@tuke.sk

prof. Ing. Tomáš Saloky, CSc.

Technická Univerzita Košice
Strojnícka fakulta
Katedra automatizácie a riadenia
Komenského 9
042 00 Košice
E-mail: Tomas.Saloky@tuke.sk

Ing. Vladimír Maxim, PhD.

Technická Univerzita Košice
Strojnícka fakulta
Katedra automatizácie a riadenia
Komenského 9
042 00 Košice
E-mail: Vladislav.Maxim@tuke.sk