

Testování a porovnání systémů pro inerciální navigaci

Martin Partingl

Katedra technologií a měření
Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
partingl@ket.zcu.cz

Testing and Comparing Systems for Inertial Navigation

Abstract – This paper is focused on comparison and testing of two different microsystems for an inertial navigation intended especially for places without GPS signal. These inertial navigation systems were compared with GPS system. The next research work was focused on dispersion detection from the more same systems of inertial navigation.

Keywords – GPS; Non-GPS Navigation; Imu; Inertial Measurement Unit; Inertial Navigation; Personal Odometry.

I. ÚVOD

Navigační systémy se staly běžnou součástí života mnohých lidí. Využívány jsou zejména v dopravě. Mezi nejvíce užívané systémy navigace slouží GPS, GLONASS a GALILEO. Tyto systémy umožňují za pomoci družic určit polohu na celém světě. Nevýhodou těchto systémů je omezení jejich funkčnosti pouze na venkovní prostory. Proto je nutné aplikovat jiná řešení pro vnitřní prostory a obecně místa kde není dostupný signál globálních družicových polohových systémů. Jedním z možných řešení tohoto problému je inerciální navigační systém. Přesnost těchto systémů závisí na řadě parametrů, proto motivací pro tuto práci bylo porovnání různých inerciálních navigačních systémů, zjištění jejich přesnosti a opakovatelnosti.

II. FUNKCE INERCIÁLNÍHO NAVIGAČNÍHO SYSTÉMU

K určení polohy pomocí inerciálního systému se využívá zařízení integrující akcelerometr, gyroskop a magnetometr. Data z těchto senzorů jsou zpracovávána při relativním měření polohy (tzv. dead reckoning). Jde o proces, kdy je aktuální poloha určována na základě předchozí určené polohy. Proto je nutné znát počáteční polohu, aby k této poloze mohla být určována následující relativní poloha. Tento způsob určování polohy využívají i dále testované systémy. [1, 2]

Akcelerometr – elektromechanické zařízení pro měření zrychlení.

Gyroskop – zařízení pro měření úhlové rychlosti.

Magnetometr – zařízení pro měření magnetické pole.

Základní princip výpočtu pro určování polohy je uveden v rovnicích 1 - 4.

Data na začátku (pozice, rychlost, natočení)

$$x(t_0), v(t_0), \varphi(t_0) \quad (1)$$

Natočení

$$\varphi(t) = \int_{t_0}^t \dot{\varphi}(\tau) d\tau + \varphi(t_0) \quad (2)$$

Poloha

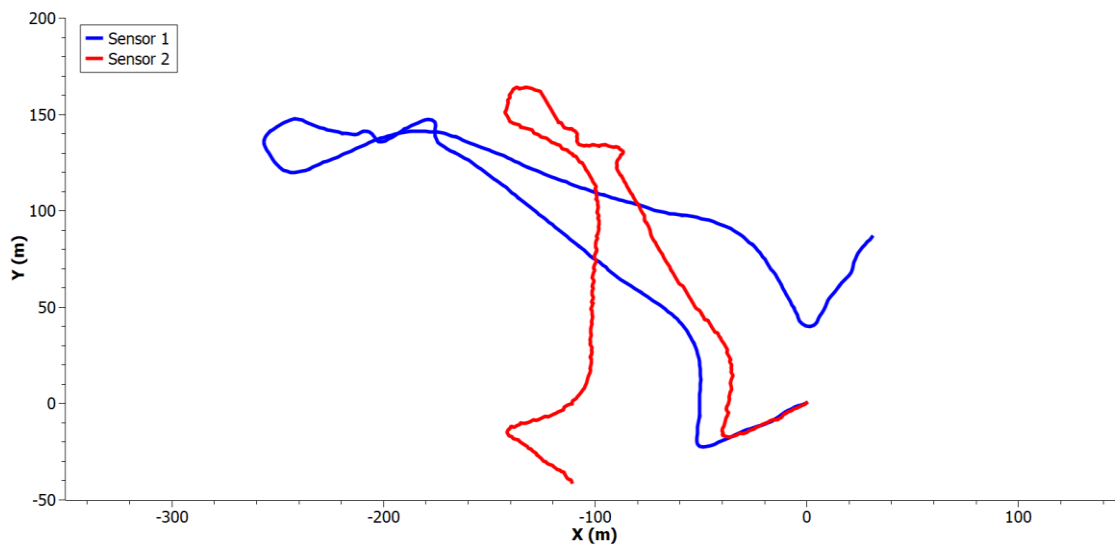
$$x(t) = \int_{t_0}^t v(\tau) d\tau + x(t_0) = \iint_{t_0}^t a(\tau) d\tau + v(t_0)t + x(t_0) \quad (3)$$

Výsledná data

$$x(t), \varphi(t) \quad (4)$$

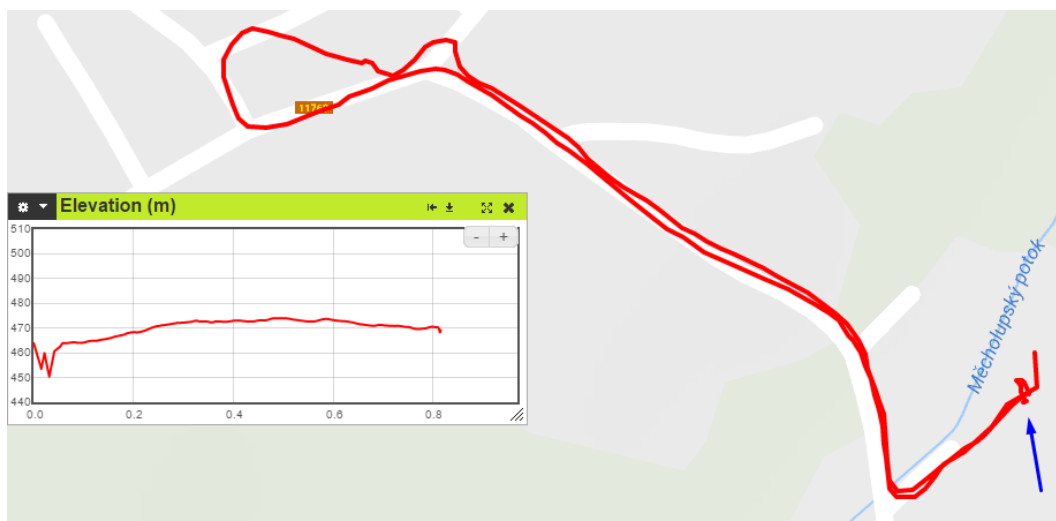
III. POROVNÁNÍ SYSTÉMŮ

Pro testování byly vybrány systémy od společnosti Dune a InvenSense. Tyto systémy jsou založeny na získávání dat z gyroskopu akcelerometru a magnetometru. Pomocí těchto systémů je tedy možné zjistit polohu osoby v x,y,z souřadnicích. Testování vybraných systémů bylo nejprve provedeno ve venkovním prostředí kvůli porovnání získané trasy z inerciálního systému s trasou získanou pomocí GPS navigace. Příklad získaných dat ze dvou senzorů inerciálních systémů je uveden na obrázku I. Na obrázku II je pro porovnání zobrazena trasa získaná pomocí GPS.



Obrázek I. Zaznamenaná trasa z obou senzorů inerciálních systémů

Z uvedených výsledků je zřejmé, že tvar trajektorie zaznamenané inerciálními navigačními systémy přibližně odpovídají tvaru trajektorie zaznamenané pomocí GPS. Nicméně u obou systémů se trasa rozchází po otočení a následné cestě zpět k počátečnímu místu měření. Přesto jeden ze systémů vykazoval přesnější výsledky, zejména v naměřené maximální vzdálenosti.



Obrázek II. Zaznamenaná trasa podle GPS

V tabulce 1 jsou uvedeny naměřené vzdálenosti v přímém směru z počátečního bodu do bodu nejvzdálenějšího. Jako referenční hodnota je vzdálenost získaná z bodů GPS logu a s jejich pomocí odměřená na maps.google.com. Vzdálenosti pro senzory inerciální navigace byly vypočítány ze souřadnic počátečního a nejvzdálenějšího bodu.

TABULKA I. POROVNÁNÍ ZMĚŘENÝCH VZDÁLENOSTÍ

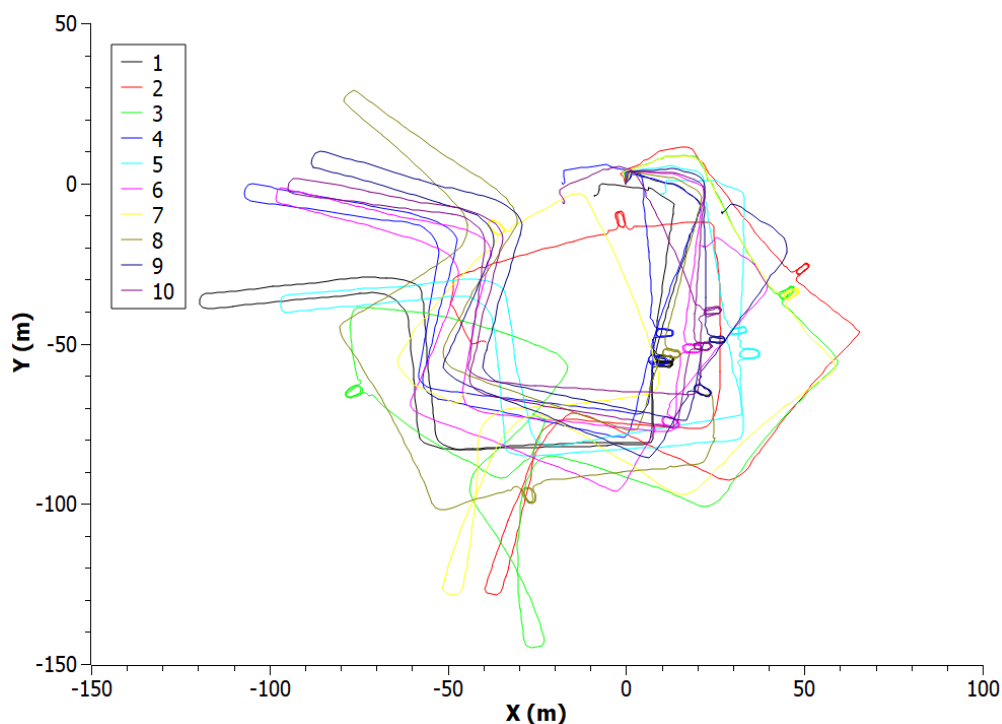
	maps.google.com	Dune	InvenSense
Vzdálenost [m]	293	290	213
Vzdálenost [%]	100	99	72,7

Mimo zde uvedený vzorový příklad byla provedena i další měření k ověření spolehlivosti a přesnosti. Výsledky těchto měření jsou v tabulce II. Při měření vzdálenosti 1 nebylo možné odměřit maximální vzdálenost u modulu od InvenSense, protože zaznamenaná trasa absolutně neodpovídala skutečné. Dále při měření vzdálenosti 2 byla zaznamenaná výrazná chyba, způsobena tím, že nebyly detekovány všechny kroky během chůze. V ostatních případech byly výsledky s menší chybou, ale stále větší než u systému Dune.

TABULKA II. POROVNÁNÍ ZMĚŘENÝCH VZDÁLENOSTÍ

	maps.google.com	Dune	InvenSense
Vzdálenost 1 [m]	1138	1152	-
Vzdálenost 1 [%]	100	101,2	-
Vzdálenost 2 [m]	469	476	105
Vzdálenost 2 [%]	100	101,5	22,4
Vzdálenost 3 [m]	296	298	278
Vzdálenost 3 [%]	100	100,7	93,9
Vzdálenost 4 [m]	621	634	581
Vzdálenost 4 [%]	100	102,1	93,6

Dalším bodem testování bylo ověření přesnosti více modulů jednoho systému. Na základě předchozího porovnání byl pro toto testování zvolen modul od společnosti Dune.



Obrázek III. Stejná trasa zaznamenána deseti moduly

Na obrázku III je zobrazen záznam deseti měření z různých modulů systému Dune. V obrázku je vidět, že některé zobrazené trasy se výrazně odchyľují od ostatních, zejména jde o záznamy 2, 3 a 7. U těchto měření došlo již na začátku k nesprávnému určení výchozího směru. Tato chyba se nadále zvětšovala a obzvláště u měření číslo 3 způsobila, že záznam trasy naprosto neodpovídá realitě. U těchto modulů byla chyba zřejmě způsobena chybou magnetometru.

IV. ZÁVĚR

Cílem práce bylo porovnat a zhodnotit možnosti dvou systémů pro inerciální navigaci. Z výsledků je patrné, že oba systémy se vyznačují nepřesností obzvláště pak při změně směru pohybu. Úhel zatočení je detekován nesprávně a vnáší tak chybu, která se projevuje v dalším průběhu záznamu. I přes tuto chybu jeden ze systémů poskytuje značně věrohodnější údaje o zaznamenané trase. Dále bude věnována pozornost vlivu umístění inerciálního systému na přesnost získaných dat a technologii integrace systému do oděvu nebo obuvi.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-020: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] Terrestrial Navigation: Basic principles of terrestrial navigation. *Institute for Communications and Navigation* [online]. 2012 [cit. 2017-09-20]. Dostupné z: http://www.nav.ei.tum.de/fileadmin/w00bkq/www/Terrestrial_Navigation_Chapter_3.pdf
- [2] NOVÁK, Jakub. *Snímání a zpracování údajů lokalizace dopravního prostředku*. Brno, 2005.