

Oponentský posudok

Na doktorandskú dizertačnú prácu: „**Personal Navigation Based on Wireless Networks and Inertial Sensors**“

Doktorand : **Ing. Zdeněk Kaňa**

Školiteľ : doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Oponent : doc. Ing. Miloš Soták, PhD.

- a) **Vyjadrenie k aktuálnosti zvolenej témy:** Námet doktorandskej dizertačnej práce odpovedá odboru dizertácie a je vysoko aktuálny, nakoľko sa zaoberá celosvetovo aktuálnou problematikou lokalizácie osôb v budovách a v mestských priestoroch, kde zvyčajne GNSS signál je nepoužiteľný alebo nedostupný. V posledných dvoch dekádach sa vedecká a odborná komunita venuje tejto problematike veľmi intenzívne, čo potvrdzuje veľké množstvo publikovaných prác v celosvetovo najuznávanejších databázach v tomto odbore, ION (The Institute of Navigation) a IEEE.
- b) **Vyjadrenie k výsledkom dizertačnej práce s uvedením, aké poznatky prináša:** Práca je rozdelená do siedmych kapitol, ktoré majú logickú skladbu a vhodne na seba nadväzujú. Prvá kapitola predstavuje úvod. V druhej kapitole, doktorand popisuje ciele doktorandskej dizertačnej práce. Za hlavné ciele možno považovať návrh, implementácia a overenie navigačného algoritmu umožňujúceho navigáciu v budovách alebo mestských priestoroch s vybudovanou RF komunikačnou sieťou a s využitím inerciálnych senzorov. V tretej kapitole uvádza súčasný stav v danej problematike. Uvedená kapitola je zbytočne veľmi rozsiahla a popisuje aj metódy ktorým sa autor ďalej v práci nevenuje. V štvrtej kapitole definuje požiadavky na nahrňovaný systém. Piata kapitola predstavuje teoretické jadro práce, ktoré považujem za originálny prínos práce. Pojednáva o možnostiach riešenia uvedeného problému, popisuje metódy pre dosiahnutie cieľov práce, popisuje algoritmy pre spracovanie signálov z jednotlivých senzorov, definuje originálny integračný (resp. fúzovací) filter a popisuje originálny postup zostavovania máp bezdátového útlu. V šiestej kapitole popisuje výsledky dizertačnej práce s uvedením nových poznatkov. Za originálny prínos práce je možné považovať osem navrhnutých, implementovaných a overených prístupov spracovania a filtrácie navigačných informácií, menovite sa jedná o metódy najmenších a vážených najmenších štvorcov, dvojice prístupov štvorstavového, šesťstavového a osemstavového časticového filtra. Vhodnosť zvolenia časticového filtra, ktorý je predurčený pre nelineárne aplikácie, je potvrdená uvedenými výsledkami. Najlepšie výsledky, t.j. lineárna chyba v horizontálnej polohe 0,47 metra a RMSE 0,569 metra, vykazuje osem stavový časticový filter, ktorý odhaduje, horizontálnu polohu, kurz, vertikálnu chybu senzora uhlovej rýchlosti, nominálny prijímaný výkon, exponenciálnu stratu, a parametre krokomeru (rozdiel vo vertikálnom zrýchlení a rýchlosť chôdze). V siedmej kapitole doktorand popisuje konkrétne závery pre spoločenskú prax, a pojednáva o potenciálnych ďalších krokoch, ktoré by umožnili ďalší rozvoj vedy a vedeného odboru.
- c) **Vyjadrenie k publikovaniu jadra práce:** Podľa predložených materiálov, jadro práce bolo publikované na jednej indexovanej konferencii (WoS index). V súčasnej dobe, priamy dopad výsledkov práce na vedeckú komunitu nie je možné objektívne posúdiť prostredníctvom citácií. Jadro práce bolo celkovo publikované na troch konferenciách:

1. **WoS index:** KAŇA, Z.; BRADÁČ, Z.; FIEDLER, P. Comparison of Kalman and

Particle Filters Used in Node Tracking. In *Annals of DAAAM for 2009 and Proceedings. Intelligent Manufacturing and Automation: Focus on Young Researches and Scientists*. Vienna: DAAAM International, 2009. s. 1273-1274. ISBN: 978-3-901509-70-4. ISSN: 1726- 9679.

2. KAŇA, Z.; FIEDLER, P. Bayesian Filters in Tracking and Location Techniques. *TechSys 2009 International Conference Engineering, Technologies and Systems*, 2009, roč. 14(2009), č. 1, s. 99-104. ISSN: 1310- 8271.
3. KAŇA, Z.; BRADÁČ, Z.; CHOMÁT, L.; FIEDLER, P. Particle Filter Based Algorithm for Personal Tracking. In *Annals of Daaam for 2009 & Proceedings*. TU Wien, Karlsplatz 13/311, A-1040 Vienna, Austria: DAAAM International Vienna, 2010. s. 745-746. ISBN: 978-3-901509-73- 5.

Za tematicky veľmi príbuzné publikované práce považujem:

1. **WoS a Scopus index:** OREJAS, M.; KAŇA, Z.; DUNÍK, J.; DVORSKÁ, J.; KUNDAK, N. Multiconstellation GNSS/ INS to Support LPV200 Approaches and Autolandings. ION GNSS+ 2012, In 2012. s. 790-803.
2. KAŇA, Z. The Evaluation of Maximum Likelihood Estimator used for Location in WPAN. In *Proceedings of Student EEICT 2009*. 2009. s. 249-253. ISBN: 978-80-214-3870- 5.
3. HYNČICA, O.; FIEDLER, P.; BRADÁČ, Z.; KUČERA, P.; KACZ, P.; KAŇA, Z. Evaluation of Performance of IEEE 802.15. 4 Radios in Indoor Applications. In *Ist EUZDC Proceedings*. 2007. s. 1-10.

d) **Vyjadrenie k vedeckej erudícii:** Doktoranda považujem za vedecky erudovaného na základe týchto faktov: vhodne zvolené metódy analýzy, syntézy, matematického modelovania a simulácie pre dosiahnutie vytýčených cieľov práce. Adekvátne využitý matematický aparát, dostatočne preukázané teoretické vedomosti z teórie pravdepodobnosti a ich následná aplikácia pri využití moderných metód predurčených pre nelineárne systémy a odhad ich stavov.

e) **Formálna úroveň práce:** Dizertačná práca je vypracovaná starostlivo, má náležitú skladbu, členenie, dobrú úpravu a požadovanú vedeckú úroveň. Informačné vybavenie je dobré a jednotlivé kapitoly sú adekvátne, výstižné a úmerné rozsahu dizertačnej práce. Po formálnej stránke je práca spracovaná na dobrej úrovni.

f) **Otázka k obhajobe:**

1. Pojednajte aký má vplyv počet RN bodov na presnosť navigačnej informácie.
2. Pojednajte o definovaní parametrov modelov pre P0, np.
3. Z grafov na stranách 98, 99, a 100 je v strede trajektórie viditeľný odhad veľkosti kroku cca 2 metre. Pojednajte o tejto skutočnosti.
4. Z teórie a praxe je známe, že nárast počtu stavov v časticovom filtri má výrazný vplyv na výpočtovú náročnosť. Keďže Vami prezentované riešenie je iba v 2D priestore, tak pre jeho rozšírením na 3D priestor určite dôjde k výraznému zvýšeniu počtu stavov. Aké sú možnosti resp. metódy eliminácie výraznej výpočtovej náročnosti?

Záver

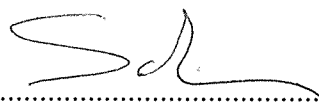
Celkovo hodnotím dizertačnú prácu veľmi pozitívne, nakoľko doktorand v predloženej dizertačnej práci splnil všetky stanovené ciele a zároveň v simulačnom prostredí overil teoretické predpoklady.

Na základe uvedených skutočností som presvedčený, že doktorand predloženou prácou splnila požadované podmienky kladené na dizertačnú prácu a dostatočne preukázal svoju pripravenosť na samostatnú vedeckú a tvorivú činnosť, preto navrhujem, aby v súlade s platnou legislatívou a po úspešnej obhajobe dizertačnej práce, bol Ing. . Zdenkovi Kaňovi udelený akademický titul

"philosophiae doctor" v skratke "Ph.D."

vo vednom odbore: **Kybernetika, automatizace a měření.**

V Brne 9. júna 2014



doc. Ing. Miloš SOTÁK, PhD.