

Oponentský posudok dizertačnej práce

Názov: *Pokročilá navigace v heterogenních multirobotických systémech ve vnějším prostředí*

Autor: Ing. Tomáš Jílek

Školiteľ: doc. Ing. Luděk Žalud, Ph.D.

Aktuálnosť zvolenej témy

Zvolená téma navigácie heterogénnych multirobotických systémov vo vonkajšom prostredí je aktuálna práve so zvyšujúcim sa využitím robotiky v rôznych oblastiach. Vo vonkajšom prostredí ju tvoria predovšetkým aplikácie z oblasti záchranných systémov, vojenských systémov, poľnohospodárstva, alebo stavebníctva – vo všeobecnosti „field robotics“. Aby roboty na rôzne účely boli schopné vo vonkajšom prostredí pracovať, je dôležité presne vedieť, kde sa robot nachádza a ako sa tam dostane. To sú primárne úlohy, ktoré zatiaľ nie sú spoľahlivo vyriešené, a preto sa v robotickej komunite kladie veľký dôraz na výskum takýchto univerzálnych metód. Spoľahlivosť jednotlivých lokalizačných metód je na rôznej úrovni a nedá sa všeobecne povedať, že má zmysel venovať sa len jednej. Dôkazom je aj množstvo rôznych „lokalizačných a navigačných balíčkov“ v ROSe, ktorý možno považovať za akýsi etalón smerovania výskumu v robotike. Preto považujem zvolenú tému za veľmi aktuálnu. Navyše, táto téma je rozšírená nielen o navigáciu individuálneho robotického systému, ale aj o navigáciu heterogénnej skupiny robotov. To prináša celý rad ďalších komplikácií z hľadiska riadenia. V súčasnej dobe sa trendom v servisnej robotike javí práve využitie takýchto systémov, ktoré ponúkajú možnosť využiť výhody rôznych robotov v jednom systéme. Tým ja podmienené úspešnejšie vyriešenie úlohy skupinou robotov oproti individuálnym robotom. Táto téma rezonuje aj v strategickom dokumente Robotics 2020 (Strategic Research Agenda for Robotics in Europe) z dielne asociácie euRobotics.

Prínos pre ďalší rozvoj vedy a techniky

Veľkým prínosom tejto práce je množstvo vykonaných experimentov a prehľad potenciálnych lokalizačných metód robotov vo vonkajšom prostredí. Práve ohodnotením a porovnaním jednotlivých metód v rovnakých podmienkach aspirant vytvoril skvelú metodologickú pomôcku pre voľbu lokalizačného systému pre robot vo vonkajšom prostredí. Detailné štatistické spracovanie presnosti a opakovateľnosti jednotlivých meraní prináša principiálne nové poznatky v oblasti lokalizácie mobilných robotov. Osobne nemám znalosť o existencii literatúry, ktorá by takýmto spôsobom ohodnotila dostupné lokalizačné metódy v jednom celku. Preto samotnú prácu považujem nielen za vedecky prínosnú, ale veľký prínos je aj v didaktickosti samotnej práce pre ďalších výskumníkov.

Publikovanie výsledkov práce v časopisoch a na konferenciách

Väčšina výsledkov práce je publikovaných na konferenciách, čo považujem za normálne vzhľadom na aktuálnosť samotných výsledkov. Z hľadiska kvality konferencií sa objavujú konferencie typu IFAC alebo IEEE, ktoré sú považované za významné.

Hodnotenie vedeckej činnosti uchádzača

Vedecká činnosť uchádzača je adekvátne, avšak mala by byť viac podporená časopiseckými publikáciami.

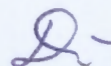
Pripomienky

1. Chýba označenie symbolov pri niektorých obrázkoch a rovniciach, napr. Obr. 2.1, Obr. 2.5, rovnica 5.4.
2. Na strane 24 tvrdíte, že v špecifických prípadoch môže byť počet stupňov voľnosti menší, napr. vo vnútri budov. Nesúvisí počet stupňov voľnosti pri lokalizácii skôr so spôsobom pohybu robota ako s charakteristikou prostredia? V koľkých stupňoch voľnosti by ste lokalizovali robot vo vnútri budovy?
3. Na strane 29 uvádzate, že chyba v čase narastá vplyvom chyby merania uhlovej rýchlosti. Akú chybu máte na mysli? Mali ste na mysli aj vplyv numerického integrovania spojitého signálu ako zdroja chýb?
4. Obr. 4.7 by si v pravej časti zaslúžil lepšiu ilustráciu daného prípadu. Je ťažké uveriť, že $\angle W_{i-1}NR$ je väčší ako 90° .
5. Na strane 52 uvádzate, že pre reguláciu azimutu mobilného robota prostredníctvom uhlovej rýchlosti bol použitý proporcionálny regulátor. Regulovali ste teda priamo azimut alebo uhlovú rýchlosť? Ak azimut, postačoval p-regulátor, nevykazoval robot kmitavé správanie, prípadne trvalú regulačnú odchýlku pri regulácii azimutu?
6. Na strane 67 uvádzate, že v prípade prekročenia limitov sú v odpovedajúcom pomere znížené žiadané hodnoty translačnej a uhlovej rýchlosti robota. Rozumiem tomu správne, že pre tieto hodnoty sú odvodené limity uhlových rýchlostí a natočenia jednotlivých kolies? A potom ak niektorý limit prekročí povolenú hodnotu, znižujete pomerne tieto žiadané hodnoty. Nemalo by potom zmysel stanoviť aj limity pre tieto žiadané hodnoty, ktoré robot jednoducho nie je schopný dosiahnuť? Malo by to zmysel minimálne z hľadiska ušetrenia si výpočtového výkonu aspoň v niektorých prípadoch. Prípadne by sa možno dala vyniesť závislosť týchto limitov od požadovaných rýchlostí a nahradiť ich jednou funkciou.
7. Ako bola riešená synchronizácia údajov zo snímača intenzity gama žiarenia a GNSS prijímača v kapitole 8.2?
8. Čo to znamená obmedzený príjem GNSS signálu oproti ideálnemu príjmu GNSS signálov v kapitole 8.3? Znamená to menší počet viditeľných družíc, nedostupnosť RTK korekcií, menej vhodný DOP z hľadiska geometrického rozloženia družíc, kompletný výpadok signálu alebo niečo iné?
9. Aj keď to nie je obsahom Vašej práce, môžete ozrejmiť ako robot Taros 6x6 V2 pri experimente na strane 99 vyhodnocoval počet príznakov v obraze kamery? Sledoval príznaky na vedúcom robote, či celkový počet očakávaných príznakov z prostredia?
10. Nemohlo byť kmitavé správanie druhého robota v experimente na Obr. 8.23 spôsobené samotným typom regulácie polohy na žiadanú polohu generovanú z vedúceho robota? Z kapitoly 6 vyplýva, že navrhnutá regulácia má akýsi prepínací charakter regulátora. Nebolo by vhodnejšie použiť štandardný PI regulátor?
11. Mohli by ste vysvetliť odchýlky trajektórie druhého robota na začiatku jeho pohybu a potom na súradnici $E = 4$ m, $N = 5$ m z Obr. 8.24?
12. Graf z Obr. C.1 je trochu neprehľadný. Možno by bolo lepšie ho rozdeliť do viacerých grafov tak, ako je to pri vyhodnotení navigácie.
13. Môžete podrobnejšie vysvetliť zlyhania navigácií jednotlivých systémov pri experimentoch 19 až 23? Predovšetkým čím bolo spôsobené a čo by ste odporučili ako akési nápravné kroky vedúce k zvýšeniu spoľahlivosti navigácie?

Záver:

Doktorand svojou dizertačnou prácou preukázal schopnosti pre tvorivú teoretickú a aplikačnú výskumnú prácu. Na základe predloženej dizertačnej práce a publikácií *odporúčam po úspešnej obhajobe práce udeliť Ing. Tomášovi Jílkovi vedecko-akademickú hodnosť „philosophiae doctor“ (PhD) v odbore Kybernetika, automatizácia a meranie.*

V Bratislave 11. novembra 2015



doc. Ing. František Duchoň, PhD.