

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Kontaktní průzkum terénu pro mobilního robota
Jméno autora:	Bc. Vojtěch Šalanský
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Oponent práce:	Ing. Martin Švejda
Pracoviště oponenta práce:	Katedra kybernetiky, FAV, ZČU v Plzni

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání DP je velmi náročné v okamžiku, kdy by musely být všechny použité algoritmy podrobně zkoumány a implementovány. Autor mohl však použít řadu předimplementovaných algoritmů. I tak ovšem považuji práci za náročnější, neboť se bylo nutné seznámit s řadou netriviálních teoretických celků a proniknout do komplexního SW prostředí ROS (MoveIt!). Navíc bylo nutné navrhnout a implementovat vlastní originální řešení.	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Body zadání DP považuji za splněné i přesto, že: 1) Autor neimplementoval inverzní kinematiku robotu (zejména 6DoF Jaco Arm), ale využil již předimplementované algoritmy v systému ROS, což se zadáním koresponduje. 2) Nejsem schopen dle textu posoudit, zdali byl systém otestován v hasičském tréninkovém centru pro Urban Search & Rescue mise, nicméně toto nepovažuji za nikterak důležitý fakt.	

Zvolený postup řešení	vyňikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Postup řešení problému autorem je dle mého názoru správný a vhodně koncipovaný. Kladně hodnotím využití SW nástroje ROS. V průběhu řešení se musel autor vypořádat s řadou komplikací, které tato reálná aplikace přináší. V DP je uvedeno dostatek příkladů demonstrujících průběh a výsledky řešení.	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
DP práce je na dobré odborné úrovni. Autor se vypořádal s řadou problémů a navrhl vlastní řešení, které bylo implementováno jako funkční celek.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Formální a jazyková úroveň DP, stejně tak jako její grafické zpracování, je na vysoké úrovni bez zjevných syntaktických a gramatických chyb. Rozsah práce je v podstatě dostačující. Možná by mohly být vypuštěny některé ryze implementační detaily a rozšířeno pojednání o dílčích teoretických problémech.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	

Rozsah citované literatury je dostačující a pokrývá znalosti nutné k řešení problému.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Přínosem DP je bezesporu její náplň, která se zabývá reálnou a aktuální problematikou mobilních robotů. Autonomní činnost robotu je dnes aktuálním tématem. Kontaktní průzkum terénu je navíc u mobilních robotů určených pro průzkumné/záchranné aplikace bezesporu problémem zasluhujícím si podrobné zkoumání. Oceňuji, že se autor pokusil nasadit dílčí základní teoretické výsledky na praktický problém přesto, že určitě lze nalézt další pokročilé teoretické pravděpodobnostní metody, využívající odhady náhodných veličin, které nelze přímo měřit. Některé otázky a připomínky dále uvádím v sekci III.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Celkově hodnotím DP práci jako výbornou. Autor prokázal schopnost nasadit dílčí teoretické výsledky na reálný problém. Výsledky práce jsou demonstrovány na příkladech a dostatečně okomentovány. Zpracování práce je srozumitelné přesto, že by některé dílčí části mohly být více rozvinuty (základy ROS systému, kinematické výpočty, sběr dat pro odhad středních hodnot prvků vektoru příznaků, atd.)

Věcné poznámky/otázky:

- Str. 11: Výpočet Eulerových úhlů z prvků matice rotace, viz rovnice (3,4,5) vede na singularity pro $\cos(\beta) = 0$, jak je toto ošetřeno?
- Str. 13: Pro inverzní kinematickou úlohu tvrdíte: „Analytický výpočet je sice rychlejší, ale není obecný“. Dovoluji si částečně nesouhlasit, lze sice nalézt numerické řešení pro obecný sériový manipulátor (kde vždy umíme spočítat jakobián), nicméně numerická řešení s sebou přinášejí řadu komplikací (stabilita v blízkosti singularit, přesnost, časová náročnost v real-time aplikacích, bifurkace řešení a s tím související výběr vhodného řešení při neznalosti polohy konc. efektoru na počátku řízení). Analytické řešení je vždy vhodnější (pokud je možné nalézt) => Je možné nalézt analytické řešení pro Jaco Arm (poslední trojice kloubů netvoří sférické zápěstí – osy rotací se neprotínají)?
- Str. 25: V rovnicích (38, 39) se sčítají prvky vektorů θ určující příspěvky do středních hodnot příznaků z hodnot příznaků zbývajících. Předpokládám, že tyto příspěvky mohou nabývat kladných i záporných hodnot, tzn. stejně velký kladný a záporný příspěvek nebude mít vliv na hodnotu navržených kritérií (acc_j, use_j). Nechybí v rovnicích absolutní hodnoty?
- Jak jste volil prahové hodnoty pro nastavení identifikace tvrdosti povrchu (10N, 20N, 0.01m) – s ohledem na zmíněné přehřívání pohonů 6DoF robotu?
- Str. 48: Vyhodnocování statických sil dle momentů (proudů) v rotačních aktuátorech – zde píšete, problém vyhodnocování, resp. jeho přesnost souvisí se singularitami polohami. Zde si dovoluji souhlasit jen částečně: Ano, v případě inverze jakobiánu $J(q)^T$ v rovnici pro statickou rovnováhu sil/momentů (15), $F = (J(q)^T)^{-1} \cdot \tau$ může dojít k numerickým problémům při inverzi jakobiánu v blízkosti singularit. Vy však zapomínáte ještě na jeden důležitý faktor, který toto měření ovlivňuje a tím je gravitace! Uvedený vztah pro přenos sil/ momentů platí v ustáleném stavu ale pouze bez působení gravitace na jednotlivá hmotná ramena robotu (uvažuje se pouze silové působení na koncový efektor vlivem vnějších sil). Z kompletního dynamického modelu robotu:

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = \tau - J(q)^T \cdot F$$

V ustáleném stavu $\dot{q} = 0$, $\ddot{q} = 0$ vyplývá podmínka statické rovnováhy (při působení gravitace):

$$(J(q)^T)^{-1} (\tau - G(q)) = F$$

Zdá se, že člen $G(q)$ zřejmě zanedbáváte. Ten je ovšem závislý na poloze ramen a může výrazně ovlivnit vnější vypočtené síly F koncového efektoru z měřených momentů τ na kloubech manipulátoru.

- Z jakých dat (trénovací množiny) byly prováděny výpočty podmíněných pravděpodobností? Byly podmíněné pravděpodobnosti modifikovány v průběhu pohybu robotu?

Formální poznámky:

- Str. 18: Přehozeny barvy v textu: „Část pod robotem (červená) a za robotem (žlutá) je ...
- Str. 22: V rovnicích (22, 23) by měly být x_i označeny pravděpodobně tučně (jedná se o vektory s prvky příznaků, viz rovnice (20)).
- Str. 24: V rovnici (34) je jiné označení pro střední hodnotu matoucí s porovnáním v rovnici (19).

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 21.5.2015

Podpis: Martin Švejda