

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Haptic terrain exploration with robotic arm
Jméno autora:	Martin Burian
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky FEL ČVUT v Praze
Oponent práce:	Doc. Ing. Zdeněk Hurák, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Katedra řídicí techniky FEL ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> V oficiálním textu zadání nacházím kromě obecného motivačního úvodu pouze tyto konkrétní požadavky: „The goal of this work is to design an efficient exploration policy for the robotic arm. The arm should explore a free space for its own motion and then get the tactile measurement. The sought policy should minimize the arm movement, it should exploit the arm morphology.“ V samotném oficiálním zadání není tedy upřesněno, zda má být výstupem pouze samotná strategie/metoda/algorithmus, která bude případně ověřena simulačně, či zda je požadavkem i implementace na nějakém reálném robotickém manipulátoru. V prvním případě bych zadání hodnotil jako průměrně náročné, a to zejména vzhledem ke skutečnosti, že k tématu existuje obrovské množství literatury. Ve druhém případě bych zadání hodnotil jako náročnější, a to vzhledem ke známé zkušenosti, která se nakonec prokázala i v této práci, a sice že nečekaných problémů a komplikací se při takových reálných inženýrských projektech objeví vždy nezanedbatelné množství. Zde konkrétně v podobě nutnosti řešit různá omezení či přímo i nedostatky použitých hardwarových i softwarových prostředků.	
Splnění zadání	splněno s menšími výhradami
<i>Posudte, 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> I přes dvojí možný výklad oficiálního zadání se domnívám, že odevzdaná práce naplňuje oba možné výklady zadání. A to i přestože reálné experimenty s reálným robotickým manipulátorem vykazují zatím jen velmi malou robustnost - identifikovanou příčinou je selhávání použitých plánovačů v blízkosti překážek.	
Zvolený postup řešení	správný
<i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> Celkový postup práce se jeví správný: nastudování problematiky plánování pohybu a trajektorie, a to zejména s využitím odborných článků z časopisů a konferencí, volba vhodného/vhodných algoritmů, jejich implementace, simulační a experimentální ověření. Detailní dílčí připomínky uvádím níže.	
Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> Odborná úroveň práce je velmi dobrá. Dílčí připomínky níže.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i> Práce je psána velmi slušnou angličtinou a je kvalitně vysázena v systému TeX/LaTeX. Rozsah je adekvátní.	

Jednou dílčí výhradou může být, že i přestože práce obsahuje docela dost obrázků, i tak se by se v některých pasážích hodily další. Například na začátku kapitoly 5 je dlouhý popis začínající „We divide the environment into a grid 10x10x6...the lowest cells are 10cm above the robot base...“. Domnívám se, že představivost čtenáře je tady zbytečně napínána, když by přitom obrázků pomohl tu geometrii scény pochopit okamžitě. Takovýchto příležitostí jsem v text vnímal více.

Přidám ještě i komentář ke struktuře textu. Jednou z náplní práce bylo studium možných kandidátů na řešení různých problémů, jako jsou například formáty map či metody pro plánování pohybu. Autor tedy podává přehled a stručný popis těchto kandidátů, aby nakonec jednoho z nich vybral. Toto dává smysl. Domnívám se ale, že z pohledu čtenáře by bylo pohodlnější, kdyby ta část přehledová/rešeršní, byla od části tvůrčí v textu nějak výrazněji oddělena. Například zahrnutím těch popisných pasáží do sekce/sekcí „State of the art in ...“ Aktuálně totiž náhledem na strukturu textu nelze lehce poznat, které sekce vlastně popisují nakonec realizované řešení.

Dále se domnívám, že by textu prospělo ještě výraznější oddělení diskuze konceptů, strategií a algoritmů, od diskuze implementačních detailů. Do nějaké míry je to v práci realizováno, ale i tak je například popis řídicího algoritmu v části 5.3.1 (na straně 37) promíchán s informacemi o použitých C++ knihovnách a volání služeb operačního systému ROS, přičemž ale ta diskuze algoritmu by měla smysl i bez uvádění těch implementačních detailů. Zčásti tomuto formátu rozumím – jsou to dost často právě omezení či dokonce nedostatky použitých technologií, které mají přímý vliv i na ty koncepty/algoritmy/strategie. I tak jsem ale o oprávněnosti této výhrady přesvědčen.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.

Seznam citovaných prací obsahuje 35 položek, z nichž přibližně třetina jsou odkazy na stránky různých projektů, softwarových knihoven a hardwarových prvků. Zbytek – tedy přibližně dvacet odkazů - jsou výzkumné publikace relevantní pro práci. Ač sám v dané problematice aktuálně nepracuji, domnívám se (a krátké hledání v online databázích s využitím slovních spojení jako „haptic terrain exploration robotic arm“ tuto domněnku potvrzuje), že těch prací pojednávajících o stejném problému musí být násobně, ne-li řádově více. Nejde jistě o pouhý počet referencí, ale takto může téměř vzniknout dojem, že ten scénář – robotické rameno s taktilním senzorem umístěné na mobilním podvozku – je netradiční a neprozkoumaný. Opravdu neexistují žádné jiné projekty se stejným zadáním, které by byly v literatuře (nebo na webu) popsány a se kterými by se mohlo navrhované řešení porovnávat?

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.

1. Oceňuji, že součástí práce, jejíž hlavní důraz je na algoritmy a případně jejich implementaci, byl i návrh a realizace drobného mechanického rozšíření senzoru síly.
2. V (anglickém) názvu práce je použit přívlastek „haptic“. Tento má nejspíše vyjadřovat, že je o technologii založenou na detekování mechanického kontaktu (dotyku). Ač je to významově asi správně, domnívám se, že v kontextu robotiky to může být i trochu zavádějící, jelikož například sousloví „haptická zpětná vazba“ je v robotice používáno v situaci, kdy je v systému realizována i silová zpětná vazba. V práci použitý senzor síly však funguje spíše jako „koncový spínač“, tedy detekuje pouze zda ke kontaktu došlo či ne, a regulátor(y) regulují pozici či rychlost, nikoliv však sílu. Ale současně přiznávám, že je dost možné, že má poznámka odráží pouze mou vlastní neznalost pojmových zvyklostí v oblasti mobilní robotiky.

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 práci jako velmi zdařilou (tedy formální hodnocení „velmi dobře“). A to zejména s ohledem na skutečnost, že student prokázal jak schopnost zvládnutí velmi pokročilých výpočetních technik z oblasti robotiky, tak i inženýrskou zručnost při jejich softwarové i hardwarové implementaci.

Student by se při obhajobě mohl vyjádřit k následujícím otázkám:

1. Jakkoliv v práci podáváte přehled značného množství obecných metod pro plánování pohybu robota v neznámém prostoru, čtenář může z práce získat dojem, že konkrétní uvažovaný scénář – prozkoumávání blízkého prostoru pomocí taktilního senzoru umístěného na mobilním podvozku – je netradiční a dosud neprozkoumaný. Opravdu neexistuje žádný na webu či v literatuře popsáný robotický projekt, který by se touto problematikou zabýval, a se kterým by bylo možno řešení navrhované v této práci srovnat, a to i kvantitativně?
2. V práci je docela detailně popsána problematika metod/algorithmů pro plánování pohybu (dráhy, angl. path) robota v neznámém prostředí. Domnívám se však, že propojení takového plánovače s nižšími regulačními smyčkami už v práci není popsáno se stejnou detailností. Mohl byste nakreslit jedno celkové blokové schéma, ve kterém by ty vazby mezi plánovači, transformací mezi kartézskými a kloubovými souřadnými systémy, rychlostními a polohovými smyčkami byly všechny graficky vyjádřeny? Ideálně i s vyjádřením vzorkovacích period pro ty které signály.
3. S předchozím požadavkem souvisí i komentář, že popis řídicího algoritmu na straně 37 není úplně jasný. Dokážete i tento zapsat pomocí blokového schématu? Můžete se inspirovat způsobem, jakým jsou regulační smyčky v robotech popisovány v kapitole 8 novějšího vydání Vám známé knihy B. Siciliano, et al. *Robotics – Modelling, Planning and Control, Springer, 2010*.
4. Nejsou v popisu řídicího algoritmu na straně 37 prohozeny dolní indexy u veličin p a v ? Odhaduji, že smysl takového dolního indexu je „target“. Tedy bych předpokládal, že vstupem do algoritmu bude požadovaná (či cílová, angl. target) hodnota pro p i v .

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm

Datum:

Podpis:

