

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Autonomous Exploration of Unknown Rough Terrain with Hexapod Walking Robot
Jméno autora:	Jan Bayer
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Doc. Ing. Jan Faigl, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra počítačů

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> Téma práce je zaměřeno na vytvoření autonomního systému robotického průzkumu neznámého prostředí šestinožným kráčejičím robotem. Práce míří na plně autonomní chování systému, pokud možno s využitím pouze palubních výpočetních prostředků malé robotické platformy. Řešená problematika tak vyžaduje nastudování nejen teoretických poznatků, ale také jejich implementaci a propojení v kompletní funkční celek a experimentální ověření. Navržený systém kombinuje problematiku lokalizace, zpracování dat, vytváření modelu prostředí s řízením pohybu šestinožného kráčejičím robotu. Práci proto považuji za mimořádně náročnou.	mimořádně náročné
Splnění zadání <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> V práci se podařilo vytvořit kompletní rámec robotického průzkumu, které byl nasazen nejen na šestinožný kráčejičím robot, ale také na pásové roboty v rámci integračního experimentálního testování STIX - DARPA Subterranean (SubT) Challenge v dubnu 2019. Systém se navíc podařilo v závěru semestru nasadit v plně autonomním režimu na malý šestinožný kráčejičím robot. Mimoto byly dílčí výsledky publikovány na konferenci MESAS 2018, ale zejména v práci vyvinutý explorační rámec tvoří základní blok autonomního systému průzkumu kombinující vytváření prostorového modelu s inkrementálním učením modelu průchodnosti terénu, který byl přijat na prestižní robotickou konferenci <i>Robotics: Science and Systems (RSS) 2019</i> . Na vytvořeném systému a publikaci se diplomant podílel zásadním způsobem. Všechny body zadání proto považuji za bezezbytku splněné. Nad rámec práce byl připraven shrnující článek popisující v diplomové práci realizovaný systém, který je v současné době v recenzním řízení.	splněno
Aktivita a samostatnost při zpracování práce <i>Posudte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posudte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i> K řešení diplomové práce přistupoval Jan Bayer zodpovědně a samostatně. Na konzultace byl vždy velmi dobře připraven s jasným plánem dalších postupových prací. Proto jsme během konzultací především upřesňovali celkový rámec práce, způsob prezentace výsledků a celkovou koncepci vyvinutého exploračního systému.	A - výborně
Odborná úroveň <i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i> Navržený rámec kombinuje existující metody a techniky lokalizace, sensorické fúze, mapování, ale také plánování a řízení pohybu šestinožného kráčejičím robotu. Zvolené metody jsou aktuální a Jan Bayer využil existujících metod pro navržení vlastního řešení. Odbornou úroveň práce považuji za adekvátní.	A - výborně

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.

Text práce je dobře strukturovaný a vhodně doplněn ilustracemi a obrázky. V práci nechybí přehled existujících metod vizuální lokalizace, ale také metody vyhodnocení přesnosti odhadované polohy robotu. Přehled metod robotického průzkumu je relativně stručný, přesto však aktuální a plně dostačující z hlediska rozsahu realizovaných prací. Dosažené experimentální výsledky jsou podrobně reportovány. Jazykovou úroveň textu považuji za zdařilou.

Výběr zdrojů, korektnost citací

A - výborně

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.

Text pracuje s aktuálními články, které řádně cituje. Vlastní navržené řešení vychází z existujících citovaných přístupů a správnost zvoleného přístup je ověřena empiricky. Všechny relevantní zdroje jsou řádně citovány.

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.

Navržený systém robotického průzkumu kombinuje metody lokalizace, mapování a existující strategie průzkumu nasazené ve specifickém kontextu navigace šestinohého kráčejícího robotu a to v plně autonomním scénáři robotického průzkumu. V dílčích problémových oblastech navrhl student vlastní řešení nebo vylepšení existujících metod. Rámec je otevřený pro využití dalších metod a představuje základní modul pro další výzkum v oblasti autonomního řízení, zejména ve scénářích robotického sběru. Význam realizovaného systému v rámci navazujícího výzkumu dokládá přijatý článek na RSS 2019, ve kterém v práci vytvořený systém tvoří zásadní blok autonomního rozhodování. Proto nemám pochyb, že vytvořený systém podpoří další výzkum spolu s navazujícími publikačními výstupy.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení.

Diplomová práce vychází z podrobného nastudování problematiky a volby vhodných technik a jejich efektivní implementace doplněné o vlastní návrh urychlujících struktur. Dílčí řešení jsou kombinována v navrženém, implementovaném a experimentálně ověřeném kompletním systému plně autonomního robotického průzkumu neznámého prostředí, kde jsou navíc uvažovány nerovnosti terénu a náročnost pohybu robotu v prostředí. Součástí práce je též experimentální vyhodnocení vlastností navrženého systému v různých scénářích robotického průzkumu a to jak ve vnitřních, tak venkovních prostorech. Výsledky kromě povedeného textu diplomové práce tvoří základ přístupu v příspěvku na RSS 2019. Práci považuji za velmi zdařilou a nemám pochybností, že student prokázal schopnost samostatného nastudování problematiky, návrhu vlastního řešení, jeho experimentální ověření a prezentace dosažených výsledků ve vlastním textu diplomové práce.

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

Datum: 3.6.2019

Podpis:

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Autonomous Exploration of Unknown Rough Terrain with Hexapod Walking Robot
Jméno autora:	Jan Bayer
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Oponent práce:	RNDr. Miroslav Kulich, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<p><i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i> Náročnost řešení vidím zejména v komplexnosti řešeného problému autonomní explorační. Student tak musel nastudovat a řešit několik podúloh a poté je zakomponovat do výsledné aplikace. Příprava a realizace experimentů s reálným robotem mimo laboratorní prostředí navíc časově náročné.</p>	
Splnění zadání	splněno
<p><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. Z textu práce je zřejmé, že student splnil zadání beze zbytku.</i></p>	
Zvolený postup řešení	vynikající
<p><i>Posudte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i> Postup řešení jednotlivých dílčích kroků považuji za zdařilý. Je patrné, že student se v řešené problematice orientuje a byl tak schopen navrhnout funkční řešení. Provedené experimenty ukazují, že celkový koncept exploračního rámce je aplikovatelný v reálných podmínkách.</p>	
Odborná úroveň	A - výborně
<p><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 vysoká, o čemž svědčí i několik studentem publikovaných odborných článků, které souvisí se zpracovávaným tématem.</p>	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<p><i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i> Práce je psána pěknou angličtinou. Drobné gramatické chyby nesnižují čitelnost textu. Ten je vhodně členěn s jasně formulovanými myšlenkami a práce se tak čte dobře. Text je vhodně doplněn velkým množstvím obrázků a ilustrací, což pomáhá k porozumění textu. Práce je psána v (La)TeXu a je graficky na vysoké úrovni.</p>	
Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<p><i>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.</i></p>	

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.

Student cituje 70 publikací, vesměs časopiseckých článků nebo konferenčních příspěvků, což je na diplomovou práci nadstandardní počet. Všechny citace jsou relevantní a ukazují, že student problematiku podrobně studoval a má přehled. Bibliografické citace jsou úplné a v souladu s citačními normami a zvyklostmi. Mám pouze jednu připomínku: reference [46] a [48] jsou totožné.

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.

K práci nemám podstatnější výhrady, přesto mám pár otázek a připomínek:

- 1) Student v práci zmiňuje, že dosud nebylo publikováno experimentální vyhodnocení chování T265 pro šestinohého kráčejičího robota. V čem by mělo být chování jiné oproti kolovým robotům? Korespondují výsledky provedených experimentů s hexapodem s těmi v současné literatuře, případně v čem se liší?
- 2) V kapitole 3 „Problem Statement“ je uvedeno, že cílem je autonomní explorační úloha, nicméně zbytek kapitoly je o metrikách lokalizace. V této kapitole bych očekával podrobnější formální či neformální popis explorační úlohy. Jaká je ukončovací podmínka? Musí být prohledán celý prostor nebo stačí určité procento? Jak se měří kvalita exploračního algoritmu? Časem explorační, kvalitou mapy, ...?
- 3) Z textu není zcela zřejmé, zda poloha robota zpřesněná navrženým Kalmanovým filtrem je zpětně propagována do ORB-SLAM2, kde by mohla např. zpřesnit lokální mapování pomocí bundle adjustment. Mělo by to smysl?
- 4) Lineární model pohybu v navrženém Kalmanově filtru se zdá být velkým zjednodušením. Byly provedeny experimenty, jak přesný lineární model je?
- 5) Tabulka 3 ukazuje paměťovou náročnost v extrémním případě? Jak by dopadlo porovnání pro prostředí, v kterých byly provedeny závěrečné experimenty?
- 6) Jaký má praktický účinek vyhlazování cesty v situaci, kdy je použit modul sledování cesty, kterému jsou postupně předkládány diskrétní body na cestě? Byly provedeny experimenty ukazující přínos vyhlazování?

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Přes drobné připomínky se mi práce líbila. Student odvedl velký kus implementační a experimentální práce a prokázal, že je schopný samostatně nastudovat a řešit zadaný problém. Předloženou závěrečnou práci proto hodnotím klasifikačním stupněm

A - výborně.

Datum: 06/03/19

Podpis: