

I. IDENTIFICATION DATA

Thesis name:	Cooperative path planning for a team of mobile robots
Author's name:	Tomáš Novák
Type of thesis :	master
Faculty/Institute:	Faculty of Electrical Engineering (FEE)
Department:	Department of Control Engineering
Thesis reviewer:	M.Sc. Jana Jost
Reviewer's department:	Fraunhofer Institute for Materialflow and Logistics IML

II. EVALUATION OF INDIVIDUAL CRITERIA

Assignment	challenging
<i>Evaluation of thesis difficulty of assignment.</i>	The thesis topic to develop an algorithm for a real warehouse scenario as well as the multi-robot path planning are challenging tasks. There are just a couple of previous achievements on which the work can be based on.
Satisfaction of assignment	fulfilled with minor objections
<i>Assess that handed thesis meets assignment. Present points of assignment that fell short or were extended. Try to assess importance, impact or cause of each shortcoming.</i>	The student has discussed current approaches to collision-free path-planning for a team of cooperating robots and has presented the state-of-the-art algorithm Push and Rotate. For presenting the state-of-the-art more information about other complete algorithms except the Push and Rotate method is expected and missing here. He has developed algorithms to overcome the problem of multi-path planning for robots with previous defined simplifications. Also, the real warehouse scenario was the basement for evaluating the algorithms. The comparison between the developed algorithm and the described Push and Rotate method was just done theoretically and not simulated and evaluated. Instead he has compared two different ways of his algorithm (sequential and standard) which is important but for assessing the developed algorithm with the state-of-the-art it is not enough.
Method of conception	correct
<i>Assess that student has chosen correct approach or solution methods.</i>	The student has thought about and explained the requirements for a real warehouse scenario and according to that made his assumptions about the consideration of these issues in his algorithms.
Technical level	B - very good.
<i>Assess level of thesis specialty, use of knowledge gained by study and by expert literature, use of sources and data gained by experience.</i>	The state-of-art of path planning algorithms is very short. Although the task emphasizes on the Push and Rotate algorithm other algorithms should have been explained and compared to one another more in detail. Especially since there are other existing complete approaches. Maybe some ideas and some combination between those and the Push and Rotate algorithm would have been good for the development of the thesis.
Formal and language level, scope of thesis	C - good.
<i>Assess correctness of usage of formal notation. Assess typographical and language arrangement of thesis.</i>	There are minor mistakes regarding the language arrangement like using "we" and "I" instead of third person. Further on, the position of some figures should have been changed as well as some figures are used twice (3.10) although there should have been a difference. There are different font sizes used in the figures. The division into (sub-)subchapters is too detailed

this somehow influences the reading of the thesis. There is a mixture between agent and robot. In the beginning of the work the term agent is used later on mainly robot and sometimes agents. There should be a consistent use or the words should be used synonymous but still the formal notation should be the same.

Selection of sources, citation correctness

B - very good.

Present your opinion to student's activity when obtaining and using study materials for thesis creation. Characterize selection of sources. Assess that student used all relevant sources. Verify that all used elements are correctly distinguished from own results and thoughts. Assess that citation ethics has not been breached and that all bibliographic citations are complete and in accordance with citation convention and standards.

The citation style in the bibliography is not strict. There are assumptions made which need confirmation by sources e.g. picking time, number of robots at charging station. Further on, the citation convention for figures differs from standards. Usually it has to be clarified if the graphic is made according to the source or if it is copied. The listed sources for a figure aren't listed in and linked to bibliography. Some assumptions are not correct. The fourth industrial revolution doesn't aim at warehouses without any humans instead it aims at helping the human worker with his tasks through new technologies e.g. AR and the adaptation of systems to the worker.

Additional commentary and evaluation

Present your opinion to achieved primary goals of thesis, e.g. level of theoretical results, level and functionality of technical or software conception, publication performance, experimental dexterity etc.

The chosen evaluation criterion suit the task. Besides evaluating two varieties of the developed algorithms an evaluation regarding the state-of-the-art what have been useful. Further on, the real warehouse scenario is just based on the layout. It doesn't become clear if real data from the warehouse management system is used. More important the behavior of the two types of robots (with and without rack) is not differing as much as it would in the real world. For example especially the stopping and starting movement would be different since the acceleration of a robot with a rack cannot be that fast concerning safety reasons.

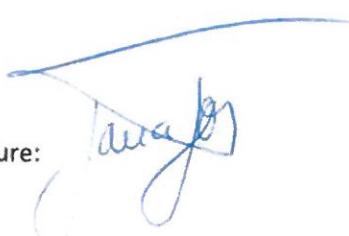
III. OVERALL EVALUATION, QUESTIONS FOR DEFENSE, CLASSIFICATION SUGGESTION

Summarize thesis aspects that swayed your final evaluation. Please present apt questions which student should answer during defense.

I evaluate handed thesis with classification grade B - very good.

Date: 17.1.2018

Signature:



I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Cooperative path planning for a team of mobile robots
Jméno autora:	Tomáš Novák
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	RNDr. Miroslav Kulich
Pracoviště vedoucího práce:	ČVUT v Praze, CIIRC

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	

Náročnost práce spočívala zejména v nutnosti nastudovat netriviální plánovací algoritmus a v návrhu jeho rozšíření umožňující současný pohyb robotů. Návrh takového algoritmu nebyl vůbec přímočarý a v době zadání diplomové práce nebylo zřejmé, zda se požadované rozšíření povede nalézt.

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>	

Všechny body zadání byly splněny beze zbytku. Student se seznámil s problematikou plánování pro tým kooperujících mobilních robotů, zejména pak s metodou Push and Rotate. Poté navrhl a naimplementoval rozšíření pro současný pohyb robotů. Poté provedl sadu experimentů, ve kterých ukázal vlastnosti implementovaného rozšíření. Kvalitě práce by prospělo porovnání s nějakým state-of-the-art algoritmem, bohužel implementace žádného takového nebyla k dispozici a vlastní realizace studentem by bylo nad rámec diplomové práce.

Aktivita a samostatnost při zpracování práce	A - výborně
<i>Posuďte, zda byl student během řešení aktivní, zda dodržoval dohodnuté termíny, jestli své řešení průběžně konzultoval a zda byl na konzultace dostatečně připraven. Posuďte schopnost studenta samostatně tvůrčí práce.</i>	

Student se problému průběžně a aktivně věnoval během celého období vyhrazeného na diplomovou práci. Vzhledem k tomu, že si student prodloužil termín odevzdání, časovou dotaci na vypracování diplomové práce s přehledem překročil. K řešení problému přistupoval aktivně, sám identifikoval vzniklé problémy a tyto samostatně řešil. Na dohodnuté termíny vždy dorazil připravený a s patrným pokrokem. V případech, kdy narazil na problém, jehož řešení vyžadovalo konzultaci, či ujasnění smětu vývoje, mne sám aktivně kontaktoval.

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>	

Řešení problému plánování pro kooperující roboty vyžaduje znalosti zejména z teorie grafů. Ačkoliv se studenti během studia s některými algoritmy teorie grafů setkávají, student se musel seznámit i s pokročilejšími technikami, které se nepřednášejí. Experimentální výsledky ukazují, že studentem navržený a realizovaný algoritmus je použitelný v reálných úlohách a má potenciál být publikován v rámci vědecké komunity (poté, co bude porovnán se současnými algoritmy).

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	

Práce je psána slušnou angličtinou. Vlastní text jsem měl možnost několikrát připomínkovat a odpovídá mým požadavkům. Práce je psána v LaTeXu s použitím šablony T. Hejdy a je tak typograficky na vysoké úrovni. Oceňuji velkém množství ilustrujících obrázků, které dobře doplňují text a pomáhají porozumění jednotlivých částí algoritmu. Grafy z experimentů obsahují veškeré náležitosti jsou generovány v dostatečné kvalitě.

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.

V práci je citováno 13 publikací, z nichž 2 jsou časopisecké články a 4 konferenční příspěvky. Všechny citace považuji za relevantní a aktuální a jsou uvedeny tak, jak odpovídá citačním zvyklostem a etice. Výhradu mám pouze k citacím softwarových knihoven, kde není uveden odkaz na příslušnou webovou stránku.

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. Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Student prokázal schopnost samostatně nastudovat a řešit zadanou úlohu. Oceňuji zejména studentovu samostatnost a snahu vypořádat se s problémy, které se během řešení vyskytly.

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

Datum: 1.2.2018

Podpis: