

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Knowledge-based approach for robotic assembly of printed circuits
Jméno autora:	Bc. Vojtěch Janů
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Ing. Petr Kadera, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	CIIRC, ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Výši náročnost zadáne práce spočívala ve velkém množství technologií, které bylo třeba pro úspěšné vyřešení zadaného úkolu zvládnout (např. znalostní modelování, automatické plánování, řízení robotů, návrh a výroba robotických chapadel).	
Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uvedte 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>	
Student plně splnil zadaný úkol. Dokonce nad rámec původního zadání navrhl a implementoval metodu pro automatické plánování sekvencí výrobních kroků s využitím PDDL formátu.	
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>	
Vojtěch pracoval samostatně a na naše konzultační schůzky přicházel naprostě spolehlivě, dobře připravený a s novými nápady.	
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>	
Vojtěch prokázal schopnost rychle nastudovat a zvládnout nové technologie, které ve své práci efektivně využil. Zejména se jedná zvládnutí ovládání robota Kuka LBR iiwa, 3D tiskárny Stratasys, sémantické modelování a automatické plánování.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobré
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je napsána v anglickém jazyce. Jazyková úroveň je velmi dobrá. Vypracovaná zpráva dobře popisuje klíčové části vytvořené metody, ale pouze stručně popisuje existující způsoby využití znalostních systémů v robotice.	
Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobré
<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>	
Student odkazuje relevantní informační zdroje, ale některé bibliografické položky nejsou korektně uvedeny.	
Další komentáře a hodnocení	
<i>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.</i>	



POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Vojtěch Janů k řešení zadání diplomové práce přistoupil tvůrčím způsobem. Samostatně dokázal nastudovat problematiku ovládání kolaborativního robota Kuka LBR iiwa a problematiku návrhu a tisku plastových dílů na 3D tiskárně. Student se dále dokázal rychle zorientovat v problematice ontologií a automatického plánování s využitím jazyka PDDL. Všechny tyto technologie a znalosti dokázal propojit do funkčního celku, který v sobě skrývá velký potenciál pro další využití.

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

Datum: 12.6.2018

Podpis:



Practical Robotics Institute Austria (PRIA)
Dr. Munir Merdan
Scientific Director

Vienna, 11.06.2018

Review Report of the Master Thesis

Knowledge-based approach for robotic assembly of printed circuits

of

Mr. Vojtěch Janů

Through this report, I would like to express my gratitude for being a member of the examination board to evaluate the master thesis of Mr. Vojtěch Janů.

The aim of this thesis is to investigate the applicability of the knowledge-based approach for robotic assembly of printed circuits boards. The thesis focuses on the usage of an ontology to link a product model with robot skills and related manufacturing operations in a way that enables automatic reasoning and accurate and efficient robot operation. This issue tackles a very important topic in the automation field, considering that typical industrial robot systems are not flexible enough to respond to the rapidly changing demands of new production processes and their growing complexity.

The introductory chapter presents the motivation for this thesis. Chapter 2 describes in detail the devices and tools used for flexible manufacturing. Chapter 3 shows the developed robot control architecture having the code for every skill already stored in the robot. The idea behind not having a universal code for each skill stored on the server is that the setup of each robotic cell varies a lot. The robot control unit executes the functions corresponding to the sequence of elementary skills. The decision-making architecture for this approach includes ontologies, a reasoner and SPARQL as well as a planner. The used PDDL planner enables that there is no need for storing a sequence of operations for manufacturing in the product description. Mr. Janů also clearly described the limitations of his approach pointing out the necessity of presence of an expert to perform the calibration during the setup phase of such a system. However, after this first phase the unit should be flexible and a change of the manufacturing process should be at low-cost. In Chapter 4 the evaluation of the approach by assembling two different printed circuits boards is presented. The first two tests (1A and 2A) were made to try out assembly without collision. Further two tests (2A and 2B) were made to prove collision detection during planning. All four tests were performed ten times in a row with almost 100% success rate (with exception for test A1). Finally, the last chapter summarizes the results and gives a final conclusion indicating also possible future work,



Generally, the structure of the thesis is well balanced (comprising 5 chapters) and follows the current standards for this kind of work. However, I have to notice here that the second state of the art section could analyze also other existing ontologies and summarize even more flexible robotics systems implemented by other researchers.

Summary: The thesis presents very good quality and original results from the research area, and meets the academic requirements for a master degree. The thesis scope is also aligned with the recent Industry 4.0 initiative, and the work presented in the thesis contribute to improve the state-of-the-art in the field by proposing a system architecture with the use of an ontology, which is linked to skill representation of a robotic unit enabling automated assembly of printed circuits boards and other similar products. The generated theoretical approach is specified but also tested and validated in a laboratorial environment with an LBR iiwa robot. This prototypical implementation and the achieved positive results ensure the applicability of the approach.

In conclusion, my evaluation of the thesis of Mr. Vojtěch Janů is expressed by the grade "A – excellent".



Dr. Munir Merdan
Practical Robotics Institute Austria (PRIA)
Email: merdan@pria.at
Tel: + 43 1 33 126-361
Mob: + 43 676 451 0 451
Adresse: Wexstraße 19-23, A-1200, Vienna
Web: www.pria.at