

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Playing chess with KUKA robot using linguistic instructions
Název práce česky:	Hra šachů s KUKA robotem pomocí jazykových instrukcí
Autor práce:	Marek Jalůvka
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Vedoucí práce:	Mgr. Karla Štěpánová, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	CIIRC CVUT v Praze
Vedoucí specialista:	Mgr. Gabriela Šejnová
Pracoviště ved. specialisty:	CIIRC CVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Příložená práce se zabývá návrhem robotické hry šachy pomocí jazykových instrukcí za využití robota KUKA. Tato hra by měla umožnit uživateli jen pojmenovat figurku kterou je potřeba táhnout a pozici a robot již sám za pomoci dat z RGB-D kamery provede žádaný tah. Vypracování práce zahrnovalo návrh designu samotné hry včetně přípravy šachových dílů, práci s reálným robotem KUKA, kalibraci kamer, detekci objektů v obraze, zpracování jazykových instrukcí a propojení všech součástí do jednotného frameworku, které umožní samotnou hru v reálném čase. Využití takové hry je nejen pro demonstrační úlohy, ale také ve chvíli, kdy má robot sloužit jako zábavní společník v domácnostech, případně pro hendikepované lidi.</p>	

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>	
<p>Marek Jalůvka splnil výborně všechny body zadání až na poslední nepovinný bod. Na základě parametrů detekovaného pracovního prostoru robota a možností jeho gripperu navrhl samotnou hru sestávající z šachových figurek pokrytých kovovou destičkou a aruco markery. Dále kalibroval kamery i pozici pracovního prostoru a provedl diskretizaci prostoru pro účely určení pozice figurek a propojení vizuální informace s hlasovými příkazy. Vizualizace aktuálního stavu hry umožňují hráči sledovat aktuální stav z pohledu robota. Hra nabízí možnost ovládat robota při hře proti člověku textovými či hlasovými příkazy. Samotná hra je doplněna o zpětný feedback člověku, který například upozorňuje na invalidní tahy. Práce také obsahuje evaluaci přesnosti umístění jednotlivých figurek, rozpoznání jazykových příkazů a rozpoznání objektů pomocí RGB-D kamer. Výsledná hra byla již několikrát použita jako demonstrační úloha na našem pracovišti.</p>	

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>	
<p>Marek Jalůvka začal práci již v rámci individuálního projektu, kdy se seznámil s jednotlivými součástmi systému a naučil se pohybovat robotem a ovládat jeho gripper pomocí jazykových instrukcí. Konkrétní téma pro bakalářskou práci (hra šachů) navrhl sám a stejně tak velmi samostatně přišel s řešením jednotlivých kroků nutných pro splnění zadání práce. Jednotlivé kroky práce průběžně konzultoval a včas započal také se psaním i samotné bakalářské práce.</p>	

Odborná úroveň**A - výborně**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Samotný přínos bakalářské práce je převážně praktický a její vypracování vyžadovalo zvláště schopnost práce s metodami a daty z jednotlivých modulů a jejich propojení. Odborná úroveň práce je výborná. Při implementaci jednotlivých částí architektury vycházel student ze současných metod, které samostatně nastudoval, pro účely práce příslušně modifikoval a propojil do nové architektury. Tyto moduly a postupy jsou v práci podrobně popsány, doplněné o rovnice, vizualizace i ukázky implementovaného kódu. Funkčnost navrženého řešení je v závěru práce evaluována na několika uživateli.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce**A - výborně**

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

Práce je psaná velmi slušnou technickou angličtinou, sázena v Latex, doplněná mnoha obrázky a diagramy navrženého řešení. Práce obsahuje velké množství rovnic a ukázek kódů s dobrou typografickou úpravou. Práce má na bakalářskou práci spíše nadstandardní rozsah 54 stran (58 včetně literatury).

Výběr zdrojů, korektnost citací**A - výborně**

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.

Student cituje vybrané relevantní články, které se zabývají hrou šachů a další práce, ve kterých jsou popsány aplikace využívající ovládání hlasem. Díky experimentálnímu zaměření, obsahuje bakalářská práce také velké množství citací na jednotlivé implementované metody, knihovny a technické specifikace jednotlivých přístrojů.

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.

Vypracovaná práce popisuje řešení hry šachů za pomoci hlasově ovládaného robota. Student prokázal, že dokáže přijít se svou vlastní úlohou, úlohu navrhnout jak po praktické, tak i softwarové stránce, navržené řešení implementovat a uvést do velmi pěkného funkčního stavu za využití současných metod, které pro účely řešení sám nastudoval a příslušně modifikoval. Navržené řešení podrobně popsal v dobře strukturované práci, ve které také dobře pracuje s citovanou literaturou. Výsledná hra byla již několikrát použita jako demonstrační úloha na našem pracovišti.

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

Datum: 30.5.2019

Podpis:

Assessment of Bachelor's Thesis as an External Examiner

Title: **Playing chess with KUKA robot using linguistic instructions**

Author: **Marek Jalůvka**

Supervisor: **Mgr. Karla Štěpánová, Ph.D. and Mgr. Gabriela Šejnová**

External examiner: **Dr. Gaël Écorchard, ČVUT**

Fulfilment of Assigned Tasks

The student's tasks consisted in implementing a chess playing robot without prior work from other students or employees. These tasks were all fulfilled apart from the optional task of incorporation of an automatic chess playing algorithm. The major part of the work consisted in incorporating readily-available ROS packages. The development of the chess logic part seems to have involved a lot of programming by the student but what is missing here is a justification of the reason why open-source libraries have not been used for this purpose, though such appropriate libraries seem to exist according a quick web search.

Resolution Methods

The extrinsic calibration method was carried out with OpenCV's solvePnP function. Though this is completely appropriate, the obtained results are quite bad and seem to indicate bad input for the function call or bad use of the function's outputs. The results of the second calibration, though better than the first ones, could not be used as is, as an affine transform was still needed to correct the marker positions. At this point, it seems that a 2D loop-up table would have been easier to use because it would have presented the advantage of working with an uncalibrated camera. The results of this second calibration with the affine transform are not given though. They are solely commented with the expression "satisfactory results".

The determination of the possible chessboard position relative to the robot has been carried out thanks to the working envelope given by the robot manufacturer. At this point, by mentioning kinematics model and Denavit-Hartenberg parameters, the student confuses the reader by making him/her think that a more complicated method was used.

The work makes heavy use of the ROS framework. It is then questionable why the student did not use the well-tested coordinate transform function of ROS's tf2 package to transform coordinates rather than implementing his own functions.

Obtained Results

The student was able to implement a complete chess-playing robot. The original idea of using some object recognition and localization of marker-less objects with a depth camera had to be simplified to 2D marked object localization but such a task would have been very challenging for a bachelor thesis. The developed framework will probably provide a good start for future works.

The major result of the work are the algorithm and the setup themselves. The presentation of quantitative results is rather short as it starts at page 43. Some of the presented results are unclear to me. The test called "first round of testing", for example, seems to me to be a pure test of the robot accuracy as the student does not provide a hint of what

could have failed in the back-and-forth robot moves. A similar remark applies to the test presented in Figure 4.15.

The student presents some results of the marker detection. The results presented there are quite surprising given the difference between Table 4.5 on the one side and Tables 4.7 and 4.8 on the other side. An explanation is given about lightning conditions, which may be correct, but a test confirming this hypothesis was not carried out, though it does not appear to me that such a test would be difficult to carry out, possibly with a smaller number of configurations. I was missing a zoomed-in image of a marker that would have allowed me to better assess the camera resolution relative to the marker size, or at least the information of the marker size in pixels.

The presentation of the tests of the language recognition algorithm are also not complete. I missed some important information there such as whether testers were native speakers or which engine was used from the several engines mentioned in Chapter 3. A mention of the algorithm training process is also missing there. It is for example unclear whether the algorithm was trained separately for each tester.

Practical Requirements

The thesis is very well presented and figures are clear. The quality of some of the figures could have been improved though by using vector graphics image rather than bitmaps. The English is mostly clear apart from a few sentences but a proof-reading would have helped avoiding classical language mistakes made from Czech speakers.

The number of references is appropriate but most of them are links to web pages. The thesis would have gain more weight by augmenting the number of citations of journal or conference papers which is a mere seven. The last citation is incomplete because it does not mention the type of reference. Bibliographic belongs to the main part of the thesis not into the annexes.

Some part of Chapter 3 could be shorten as they are not used further in the manuscript, e.g. the robot kinematics and the description of the internals of language recognition algorithms, or they do not provide usefull information to the reader, e.g. the listings of ROS types and some details about the Eigen library, which I consider to be implementation details.

The electronic version of the manuscript has a different page numbering as the paper version.

General Comments and Conclusion

The primary goal of the thesis is achieved and the student carried out a large amount of work. The thesis is clear a well-written. It is well structured, though some parts could have been shorten in favor of other ones such as the chapters about related work and the quantitative results.

As a conclusion, I advise the commission to evaluate the presented bachelor's thesis with the grade

B - Very Good.

Prague, May 31, 2019

Dr. Gaël Écorchard
ČVUT, CIIRC