

**I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE**

<b>Název práce:</b>	Artificial Skin Calibration for the Nao Humanoid Robot Using „Self-touch“
<b>Název práce česky:</b>	Kalibrace robotické kůže Nao robota pomocí „sebedotykových“ konfigurací
<b>Autor práce:</b>	Lukáš Rustler
<b>Typ práce:</b>	bakalářská
<b>Fakulta/ústav:</b>	Fakulta elektrotechnická (FEL)
<b>Katedra/ústav:</b>	Katedra kybernetiky
<b>Vedoucí práce:</b>	Mgr. Karla Štěpánová, Ph.D.
<b>Pracoviště vedoucího práce:</b>	CIIRC CVUT v Praze
<b>Vedoucí specialista:</b>	Mgr. Matěj Hoffmann, PhD
<b>Pracoviště ved. specialisty:</b>	FEL CVUT v Praze

**II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ**

<b>Zadání</b>	<b>náročnější</b>
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Přiložená práce se zabývá problematikou kalibrace robotické kůže. Kůže bývá robotům přidávána velmi často až dodatečně, díky čemuž je potřeba následně dokalibrovat její umístění. V bakalářské práci bylo cílem provést konkrétně kalibraci umělé kůže, která byla nasazena na robota Nao. Samotná kůže sestává z taktilních senzorů umístěných na trojúhelníkových propojených do plátů, které jsou následně umístěny na speciální plastové nástavce – celý tento systém je potřeba dokalibrovat. Cílem práce bylo zjistit, jaký přístup je pro nalezení jednotlivých transformací nejvhodnější a zda je možné využít pouze informace z taktilních senzorů při sebedoteku robota. Vypracování práce zahrnovalo širokou množinu podúloh zahrnující práci se samotným robotem, vyčítání dat z jednotlivých senzorů, předzpracování dat, vytvoření modelu robota v MATLABu a vytvoření příslušných optimalizačních funkcí. Cílem bylo vytvořit framework, který bude aplikovatelný pro kalibraci kůže také na jiných robotech.</p>	

<b>Splnění zadání</b>	<b>splněno</b>
<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>Lukáš Rustler splnil všechny body zadání (s výjimkou posledního fakultativního) na výbornou. V přiložené práci je popsán celý framework, který umožňuje optimalizaci umístění umělé kůže s možností velkého množství nastavení (např. optimalizace pouze některých parametrů, nastavení omezení na optimalizované parametry, zašumění parametrů, apod.). Tento objektivě psaný framework umožňuje definovat velmi jednoduše robota s jinou strukturou umělé kůže, což zajišťuje přenositelnost na kalibraci kůže také u jiných robotů. Student také porovnal jednotlivé přístupy ke kalibraci. Součástí řešení jsou i mnohé vizualizační funkce, které například ulehčují sběr datasetu i zobrazují posun poloh kůže před a po kalibraci. Závěrečné vizualizace ukazují, že se skutečně podařilo kůži na robotovi pomocí sebedotyku nakalibrovat z původního nepřesného modelu a dosáhnout výsledku, který velmi přesně odpovídá pozorovanému umístění kůže.</p>	

<b>Aktivita a samostatnost při zpracování práce</b>	<b>A - výborně</b>
<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>Lukáš Rustler na bakalářské práci pracoval zodpovědně v průběhu celého roku, čemuž odpovídá také velmi kvalitní a obsáhlá anglicky psaná bakalářská práce o rozsahu 54 stran (65 včetně příloh), ve které jsou jeho dosažené výsledky shrnuty. Student dokázal samostatně řešit jednotlivé problémy, které se vyskytly se sběrem datasetu a kalibrací robota. Velmi rychle reagoval na naše komentáře a navržené postupy implementoval a případně i dále rozšířil.</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.*

Odborná úroveň práce je výborná. Práce navazuje na stávající metody kalibrace robotů. Jednotlivé použité metody, postupy i výsledky kalibrace jsou podpořeny velkým množstvím vizualizací, grafů a tabulek s výsledky. Dosažené výsledky jsou také porovnány s výsledky získanými pomocí jiných současných metod a dosahuje lepších či porovnatelných výsledků při určení polohy jednotlivých senzorů.

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

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

Práce je psána v Latex s dobrým formátováním, vizualizace a grafy jsou kvalitní a dobře okomentovány. Práce má na bakalářskou práci nadstandardní rozsah 54 stran (65 včetně příloh).

**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.*

Práce obsahuje velké množství citací na relevantní literaturu. V práci je dobře pracováno s citacemi a student své výsledky s citovanou literaturou porovnává.

**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.*

Jedná se o velmi kvalitně zpracovanou rozsáhlou bakalářskou práci, ve které Lukáš Rustler prokázal, že dokáže zadané téma řešit dle standardního vědeckého postupu s využitím současných metod. Student pracoval na práci velmi zodpovědně. Dosažené výsledky jsou velmi dobře prezentovány a porovnány s podobnými současnými metodami kalibrace robotické kůže. Všech cílů práce bylo dosaženo, jak je ukázáno na názorné ukázce vizualizující kalibrovanou kůži robota Nao.

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

Datum: 30.5.2019

Podpis:

**I. IDENTIFICATION DATA**

<b>Thesis name:</b>	<b>Artificial Skin Calibration for the Nao Humanoid Robot Using "Self-touch"</b>
<b>Author's name:</b>	<b>Lukas Rustler</b>
<b>Type of thesis:</b>	<b>bachelor</b>
<b>Faculty/Institute:</b>	<b>Faculty of Electrical Engineering (FEE)</b>
<b>Department:</b>	<b>Department of Cybernetics</b>
<b>Thesis reviewer:</b>	<b>Alessandro Albin</b>
<b>Reviewer's department:</b>	<b>DIBRIS – University of Genoa</b>

**II. EVALUATION OF INDIVIDUAL CRITERIA**

<b>Assignment</b>	<b>challenging</b>
<i>Evaluation of thesis difficulty of assignment.</i>	
<p>The thesis proposes a method to calibrate the position of tactile elements with respect to the robot body frame. The problem is relevant since the majority of applications using artificial skin require to associate a contact location to a given stimulus.</p> <p>When the skin is composed of thousands of taxels the manual calibration becomes error-prone or infeasible. The problem of developing a (partially or fully) autonomous procedure to calibrate large area robot skin is still open. Due to the complexity of the task, all the approaches presented in the literature, propose solutions applicable under some assumptions rather than in a generic case.</p>	

<b>Satisfaction of assignment</b>	<b>fulfilled</b>
<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>	
<p>The main goal of the thesis was to develop a framework that allows to spatially calibrate large-area tactile sensors placed on the robot body.</p> <p>The core of the framework has been successfully implemented. Any possible extension of the thesis (e.g. autonomous self-touch procedure) can be developed on top of this work. For the reviewer, the goal of the thesis has been completely achieved.</p>	

<b>Method of conception</b>	<b>correct</b>
<i>Assess that student has chosen correct approach or solution methods.</i>	
<p>The proposed approach is based on two major assumptions: (i) the 2D positions of the sensors are known; (ii) the 3D positions and normals of the center of each skin module are known from cad models.</p> <p>The reviewer opinion is that the methodology applied is definitely correct and consistent with the methods proposed in the literature.</p>	

<b>Technical level</b>	<b>A - excellent.</b>
<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>	
<p>The student showed to be capable of applying the knowledge learned in the bachelor courses. Furthermore, he made an additional effort to learn more advanced concepts, usually taught in master courses.</p> <p>Considering that this is a bachelor thesis, the reviewer opinion is that this is high-quality work.</p>	

<b>Formal and language level, scope of thesis</b>	<b>A - excellent.</b>
<i>Assess correctness of usage of formal notation. Assess typographical and language arrangement of thesis.</i>	
<p>I have no major comments. The thesis is well written, the notation is correct, and the algorithms are well documented.</p>	

### Selection of sources, citation correctness

**A - excellent.**

*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 importance and the problems related to the skin spatial calibration problem are well explained. Citations are adequate.

All the relevant works already proposed in the literature are cited and summarized in the thesis, showing that the student is acquiring deep knowledge of the fields related to large-area tactile sensing.

### 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 reviewer opinion is that the results are very good and outperform most of the approaches proposed in the state of the art.

### 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.*

The aspects that the reviewer considered for the final evaluation are summarized in the following:

- The student showed that he put a lot of effort, not only in the technical part of the work but also while writing the thesis. The description of the problem and of the solution are explained clearly, making the thesis understandable to people who are not experts in the field.
- The proposed method is novel, and it is not tied to a specific platform. This means that it can be implemented on different robots, provided that the initial requirements are fulfilled.
- The method has been tested on a real robot rather than on a simulated environment. The theoretical part has been validated in different scenarios, proposing a relevant number of experiments. The final results outperform most of the approaches presented in the literature.

I evaluate handed thesis with classification grade **A - excellent**.

Questions:

- The triangle is made with flexible PCB allowing to adapt the sensors to the shape of the robot body. During the calibration procedure, the single module is considered flat and rigid. This is fine when the curvature radius of the surface is very low, but in other cases, this will lead to an approximation of the robot body which is not smooth. Can the procedure be extended in order to optimize the position of the single taxel rather than the whole triangle?

Date: **30.5.2019**

Signature: