

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Distribuované řízení konvoje komunikujících autodráhových autíček s využitím kódu automaticky generovaného ze Simulinku
Jméno autora:	Šimon Wernisch
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Doc. Ing. Zdeněk Hurák, Ph.D.
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra řídicí techniky FEL ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Náročnost zadání spočívala zejména ve skutečnosti, že generování kódu pro distribuované řízení z modelu v Simulinku nepatří mezi výrobcem (firmou The Mathworks) zdokumentované standardní postupy. Student sice ve své práci stavěl na výsledcích svých studentských předchůdců, ta nutnost porozumět řešení jiných a identifikovat a odstranit skryté slabiny však mnohdy představuje ještě dodatečné nároky.	
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>	
Hlavního cíle práce, kterým bylo vyvinout systematickou proceduru pro generování kódu pro distribuované řízení z bloků v Simulinku, bylo dosaženo. Jakkoliv výsledky experimentů s konkrétní laboratorní experimentální platformou konvoje inteligentních autodráhových autíček osazených jednodeskovými počítači BeagleBone Blue a komunikujících spolu po Wifi prozrazují některé dílčí problémy se zpracováním změřené rychlosti či výraznou vhodnost řízení proudu na palubě jednotlivých autíček, ten samotný systematický postup pro generování kódu je možno považovat za odladěný a použitelný.	
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 samostatné tvůrčí práce.</i>	
Student pracoval systematicky v průběhu celého semestru a naprosto samostatně. Iniciativně přicházel s návrhy na rozšíření prvotních řešení, jako je využití komunikačních knihoven Zero MQ či NNG. Rozhodně bude platným členem jakéhokoliv vývojářského týmu.	
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>	
Odborná úroveň studentem navrženého i realizovaného řešení je velmi solidní. Řešení je nejen funkční ale je i velmi dobře zdokumentováno, a to i formou umístění celého projektu na repozitář otevřených zdrojových kódů Github. Tedy bude možné je využívat, udržovat i dále rozvíjet. Tím spíše, že student velmi otevřeně a důkladně zdokumentoval i nevyřešené problémy či nápady na další rozšíření.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Po formální stránce je předložený text diplomové práce velmi kvalitní. Úroveň sazby i kvalita grafiky jsou velmi vysoké. Práce je psána velmi hezkou a pokročilou angličtinou. Místy je však ta květnatost v odborném textu možná dokonce i v neprospěch čitelnosti a jednoznačnosti. Rozsah práce (37 stran včetně referencí) je adekvátní, tím spíše že většina studentem napsaného textu se nachází ve zdrojových kódech.	

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.

Hlavními zdroji pro tento typ práce byly manuály, vývojářská diskuzní fóra, blogy a zdrojové kódy. Tyto jsou v práci korektně odkazovány. Kromě toho student uvádí i několik odkazů na odbornou literaturu z oblasti teorie řízení (platooning, kompenzace tření), které sice nejsou pro práci zásadní, ale uvádějí diplomovou práci do kontextu reálných aplikací distribuovaného řízení.

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.

-

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

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

Velmi solidní diplomová práce. Předložen je systematický pracovní postup pro generování kódu pro distribuované řízení z diagramů v Simulinku. I přestože je řešení předvedeno pro jednu konkrétní počítačovou platformu – jednodeskovou počítače BeagleBone Blue komunikující spolu pro Wifi –, lze navržené řešení uplatit i pro jiné konkrétní technologie. Oceňuji, že diplomová práce vznikla coby rozšíření/upravení prací předchozích studentů, čímž student prokázal schopnost práce na větším projektu, do kterého je či bylo zapojeno více vývojářů. Odvedená práce je rovněž velmi dobře zdokumentována, a to jak formou samotného textu diplomové práce, tak i umístěním vyvinutých kódů na populární repozitář otevřených zdrojových kódů (Github). Chci také vyzvednout, že jakkoliv byl projekt primárně softwarový, tak pro účely experimentálního ověření student zvládl i některé ryze hardwarové dovednosti jako je 3D tisk a sestavení a oživení (dalších) inteligentních autodráhových autíček.

Datum: 6.6.2019

Podpis:

Opponent's review of Master's thesis

Thesis title: Distributed control of a platoon of wirelessly communicating slotcars using a Simulink generated code
Author name: Šimon Wernisch
Thesis opponent: Ing. Michal Sojka, Ph.D.
ČVUT CIIRC, Industrial Informatics Department

The goal of the presented thesis was to provide and evaluate a framework for rapid prototyping of distributed control algorithms for a slot car platoon. The framework is based on Matlab/Simulink software and uses automated code generation to generate code for BeagleBone Blue boards embedded into the individual cars. The work builds on prior work by several other students, and a big part of it has integration character. As integrating the work of other people, especially students, is never easy, I consider the assignment as of higher complexity.

The results of the work look good, and according to the experimental results, the provided framework seems to work as expected. Its code is well organized and reasonably documented. In addition to that, the author also mentions possible improvements that were out of the scope of his work.

The work is written in English, and the text is mostly easy to read. The main part of the work spans 25 pages (with dense line spacing) and five pages of appendices. There is only an insignificant amount of grammatical errors – most often missing commas in sentences. At a few places, the text is a little informal, vague or represents author's opinion without any reasoning, e.g., "it is better to be tuned more robust than fast" (why?) at page 17. Some parts would benefit from better formalism – for instance, a paragraph about the Kalman filter for friction compensation at page 21 would be more understandable when the calculations were given as equations rather than described in plain English. Another weak point of the text is sometimes unclear notation: r_x seems not to be defined, it is not clear whether $r_v(k)$ in Eq. (3.11) is the same as $r_{v,k}$ in Fig. 4 or what exactly is $V(s)$ and $D(s)$ in Eq. (3.7) (is it Laplace transform of $v_c(t)$ and $d(t)$?).

From the graphical and typographical point of view, the work is at a very good level. The author uses a not so common font and style, which make the work look interesting. Unfortunately, the font selection is not ideal, because zero and small "o" look almost the same, which is problematic at least in the expression $\dot{v}_c = 0$ below Eq. (3.10). The graphs in the thesis are plot with unnecessarily thick lines. This is especially disturbing in Fig. 3.8, where (what I believe are) line joins hide the real level of noise in the signals. I have also been disappointed that the work contains a lot of diagrams and graphs but no picture of the real car.

From the technical point of view, the weakest point of the whole platforms seems to be very high velocity noise (see Fig. 3.9). The noise could be reduced by equipping the car with a higher-resolution encoder or by decreasing its sampling frequency. The work discusses only the latter option, and then the sampling frequency of 200 Hz is "magically" selected. My questions to the author are:

1. How were the sampling frequencies in Table 3.3 selected? The fundamental one seems about 100 times higher than the cut-off frequency of the car transfer function. The text mentions that the frequency should be 10 (or more) times higher. Would lower sampling frequencies with less noise in velocity give better results?
2. What is the resolution of the encoder and would it make sense to equip the car with a higher-resolution encoder?

3. The author implemented two different communication protocols – one based on UDP and the other on TCP. These were not evaluated in the work. Did the experiments confirm the well-known fact that TCP, especially on the wireless network, is not well suited for real-time communication?

Despite the few weak points mentioned above, I rate the presented work with grade **A – excellent**.

In Prague, June 4, 2019

Ing. Michal Sojka, Ph.D.