

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Ondřej Lufinka

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Elektronika

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Elektronické řídicí systémy a pokročilé metody vyhodnocování využitelné v dopravních aplikacích; Autonomní robotická platforma pro testování ADAS systémů

Školitel:

Supervisor

doc. Ing. Jiří Skála, Ph.D.

Oponent:

Opponent

doc. Ing. Aleš Filip, CSc.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Doktorand se ve své práci zabývá velmi aktuální problematikou, kterou je testování pokročilých asistenčních systémů pro řidiče označovaných jako ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Tyto systémy významně přispívají ke zvýšení komfortu řízení vozidel a také bezpečnosti na pozemních komunikacích. Doktorand zaměřil svoji práci na výzkum nových možností návrhu HW a SW autonomní robotické platformy ARP (Autonomous Robotic Platform), která je jedním ze základních prostředků pro testování asistenčních systémů ADAS. Ve svém výzkumu doktorand vycházel z požadavků pro posuzování nových automobilů stanovených v normách Euro NCAP (European New Car Assessment Programme). Tento přístup k řešení je v souladu se současnými trendy testování systémů ADAS.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Doktorand ve své práci jasně formuloval následující cíle: 1) prostudování problematiky testování asistenčních systémů ADAS pomocí autonomní robotické platformy ARP, 2) návrh koncepce funkčního prototypu elektronické části platformy ARP, 3) zavedení inovativních myšlenek do návrhu prototypu platformy ARP, 4) zkoumání vhodných možností lokalizace robotické platformy, 5) využití funkce určení polohy platformy pro její autonomní řízení dle definované trajektorie ve scénáři testování ADAS a 6) analýza dosažených výsledků.

Doktorand všechny cíle v předložené práci splnil.

Doktorand podřídil volbu metod řešení a zpracování výše uvedeným cílům doktorské práce. Provedl rešerši literatury, vypracoval návrh mobilní robotické platformy, realizoval příslušné bloky HW a SW, využil příslušné metody testování HW a SW a nakonec ověřil funkčnost prototypu ARP testy.

Použité vědecké metody vyplývají z navrženého postupu řešení. Teoretický návrh robotické platformy provedl metodami syntézy a dedukce. Doktorand použil příslušný matematický aparát - např. všesměrový pohyb platformy popsal pomocí fyzikálního kinematického modelu a lokalizaci platformy s využitím Kalmanovy filtrace.

Elektronický systém platformy (HW) doktorand popsal pomocí blokových diagramů a funkčnost SW byla popsána pomocí vývojových diagramů. Každý z elektronických bloků byl následně zpracován formou elektrických schémat, pomocí nichž byly následně navrženy a zhotoveny desky tištěných spojů. Programové bloky byly zpracovány metodami mikroprocesorového programování. Pro

ověřování funkčnosti jednotlivých bloků doktorand použil buď simulovaná vstupní data nebo výstupní data z předcházejících bloků a výstupní hodnoty měřil a analyzoval.

Použité metody odpovídají požadavkům disertační práce.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a

k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Doktorand zavedl několik inovativních myšlenek/ rysů do návrhu autonomní robotické platformy, zejména pak: a) modularitu robotické platformy, b) komunikaci prostřednictvím cloudu, c) automatické bezpečnostní mechanismy, d) všesměrový pohyb robotické platformy a e) lokalizace a navigace platformy. Doktorand dále navrhl, realizoval a podrobně popsal autonomní robotickou platformu pro testy ADAS. Následně toto zařízení použil pro experimentální ověření systémů ADAS. To vše nepochybně vyžadovalo značné úsilí a velký objem prací. Velmi kladně lze hodnotit i využití netradičních senzorů určení polohy platformy, jakou je optický senzor použitý v počítačové myši nebo ultrazvukový senzor.

Popsané nové poznatky odpovídají cílům disertační práce.

Připomínky k práci

- **Doktorand v celé své celé práci** často zmiňuje pojmy bezpečnost a bezporuchovost, které jsou nepochybně důležitými atributy kvality jak pro samotné asistenční systémy ADAS, tak i pro autonomní robotické platformy (ARP) určené pro testování ADAS. V práci však není stanovena požadovaná úroveň bezpečnosti ani bezporuchovost, kterou má platforma ARP splňovat. Nejsou uvedeny ani standardy funkční bezpečnosti, podle kterých se mají mechanismy bezpečnosti v rámci ARP realizovat. Aplikace mechanismů bezpečnosti je přitom uvedena i jako jedna z hlavních inovativních myšlenek předložené disertační práce.
- **Disertační práce/ str. 2 (1. Úvod):** Doktorand uvádí, že disertační práce je hlavně zaměřena na elektronickou část projektu. V tabulce 3.1 (str. 13 a 14) doktorand uvedl jen základní požadavky na celou testovací platformu pro ADAS dle standardů Euro NCAP (European New Car Assessment Programme). Jsou to v podstatě jen hlavní požadavky uživatele na ARP z hlediska testování ADAS. Systémové požadavky na elektronickou část projektu, která je hlavním cílem této disertační práce, však chybí. Systémové požadavky na elektronickou část ARP by měly být již dílem autora disertační práce.

Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce sestává z devíti kapitol a šesti příloh. Doktorand používá (až na několik výjimek v připomínkách uvedených níže) jasné formulace, práce je přehledná a má velmi dobrou grafickou úroveň. Práce obsahuje všechny obvykle používané náležitosti (seznamy použitých zkratk a symbolů, seznamy použité literatury, obrázků, tabulek, atd.).

Připomínka k práci:

- Na titulní straně v prvním slově anglického názvu disertační práce (tj. Electronics) je drobná chyba. Správně je Electronic.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Doktorand publikoval výsledky své práce v odborné literatuře, zejména pak na řadě konferencí, z toho 2 x ve sbornících TELFOR v zahraničí. Jeden příspěvek předložil do časopisu Int. J. of Automotive Technology, 2021. Doktorand celkem uvádí 11 publikací souvisejících s prací a 3 další publikace.

Doložená publikační činnost odpovídá požadavkům na disertační práci.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Navzdory výše uvedeným připomínkám Ing. Ondřej Lufinka v předložené doktorské práci prokázal, že dokáže srozumitelně formulovat cíle výzkumných úkolů, ovládá metody vědeckého bádání a je schopen úspěšného řešení aktuálních úkolů vědy a výzkumu. Na práci doktoranda oceňuji nejen vlastní teoretický návrh robotické platformy, ale zejména pak její praktickou realizaci (HW a SW) a její experimentální ověření, což nepochybně vyžadovalo spoustu času a úsilí.

Doporučuji postoupit disertační práci Ing. Ondřeje Lufinky k obhajobě.

Otázky pro doktoranda při obhajobě doktorské práce:

1. Jaký je rozdíl mezi pojmy *automatizovaná* robotická platforma (např. od předního výrobce 4active systems) a *autonomní* robotická platforma? Proč je popsána a realizovaná robotická platforma v této práci autonomní a ne „jen“ automatizovaná?
2. Jakou úroveň bezpečnosti by měly mít platformy ARP určené k testování asistenčních systémů ADAS?
3. V práci je popsáno 5 inovativních myšlenek/ rysů (modularita, komunikace prostřednictvím cloudu, automatické bezpečnostní mechanismy a všesměrový pohyb), které byly použity při návrhu platformy ARP. Jakým způsobem tyto myšlenky zvýší autonomii testování ADAS?
4. Byly použity některé z výše uvedených inovativních myšlenek u jiných robotických platformech jinými autory?

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

ano

yes

x

~~ne~~~~no~~

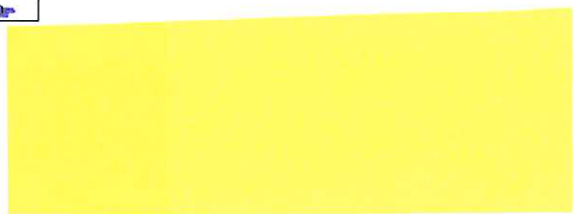
Datum

Date

8/10/2021

Podpis oponenta:

Signature of opponent





POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Studijní obor:

Study branch

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Ing. Ondřej Lufinka

Elektrotechnika a informatika

Elektronika

**ELECTRONICS CONTROL
SYSTEMS AND ADVANCED
METHODS OF EVALUATION FOR
AUTOMOTIVE APPLICATIONS**

doc. Ing. Jiří Skála, Ph.D.

doc. Ing. Petr Šimoník, Ph.D.

Školitel:

Supervisor

Oponent:

Opponent

Předložená disertační práce se v rozsahu 81 stran věnuje problematice technických prostředků pro oblast testování v segmentu vývoje elektronických systémů automobilů, resp. pokročilých asistenčních systémů řidiče (ADAS). Konkrétně rozebírá autonomní robotické platformy (ARP) pro testování ADAS systémů. Disertabilní jádro je vázáno na vestavěné elektronické systémy, původní řešení vybraných funkcí a analýzu metod řízení, aplikovaných u experimentálního prototypu konkrétní ARP. Prototyp je vyvíjen v rámci širšího týmu u partnerské společnosti, Valeo Autoklimatizace k.s., provozující vývojově výzkumné centrum, včetně rozsáhlé testovací infrastruktury v České republice. Disertant provedl řadu experimentálních testů a spolupracoval se zástupci partnerské společnosti v rámci projektu „Opportunities for Students – Valeo R&D Program“. Dosažené výsledky jsou v práci dokumentované jednak pomocí simulačních výstupů a s využitím rozborů HW/SW řešení s blokovými schémata a grafickým znázorněním průběhů veličin zaznamenaných v rámci shromažďování experimentálních výsledků.

Obsahově je práce rozdělena do devíti kapitol, včetně úvodní obecné kapitoly a závěrečného zhodnocení. V práci je uveden seznam užívané literatury, autorových publikací a přílohy s 3D modely a fotodokumentací prototypu, dále aplikační GUI s popisem. V příloze je rovněž uveden algoritmus Kalmanova filtru (z Matlab), s vybranými výsledky simulací.

Dle doporučení pro zpracování oponentských posudků hodnotím uvedenou práci z následujících níže uvedených hledisek.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Téma předložené disertační práce se zaměřuje do perspektivní oblasti integračního testování pokročilých asistenčních systémů řidiče. Byť aktuálně silně roste požadavek na virtualizaci testovacích scénářů a jejich komplexní digitalizaci, je záměr digitalizace stále ještě v rozporu s reálnými možnostmi popisu a převáděním kyberfyzikálních vztahů do simulačních prostředí, tj. vytváření digitálních dvojčat. V současné době je integrace elektroniky automobilu řešena v podobě modulárních systémů s vlastními řídicími jednotkami, resp. tzv. doménovou řídicí jednotkou, obsluhující skupinu jednotek/aplikací/funkcí (v rámci vnořených ECU nebo více SW modulů jedné ECU, velmi často u asistentů, např. ADAS). Z výše uvedených důvodů je nutné provádět integrační testy na testovacích polygonech s využitím speciálních emulačních

prostředků (např. dle norem Euro NCAP či předvývojové integrační testy), kam spadá disertantem řešená problematika. Vzhledem k tomu, že se práce věnuje právě výše uvedeným problematikám, považuji její význam pro obor za zásadní.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Zvolený postup řešení je dle mého názoru v souladu s obecnými zvyklostmi i se stanovenými cíli popisovanými v kapitole 3.3 *Goals and Methods of Doctoral*.

Vlastní řešení jsou zejména obsahem kapitol 4 až 8. Práce je logicky členěna od úvodu a popisu koncepce ARP s detailním rozbohem cílů disertační práce, přes rozbor návrhu HW, řešení SW, až po kapitoly věnované inovativním vlastnostem designu ARP, možnostem její lokalizace a také navigace a synchronizace. Rozebíraná řešení vyšších kapitol jsou experimentálně testována. Tím jsou naplněny i cíle disertační práce.

Některé uvedené metody návrhu jsou známé a v dostupné literatuře zpracované, některé naopak nejsou běžně publikované a v segmentu problematiky testování využívající ARP prakticky ověřené.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

V úvodním textu disertant vysvětluje aktuálnost a důvodu řešení tématu. Okrajově je zmíněno několik základních informací k Euro NCAP testování s odkazy na literární zdroje. Disertační práce se zaměřuje především na řešení koncepce vestavěných elektronických systémů s aplikací testování ADAS, kombinující převzaté a částečně původní řešení disertanta. Prováděny jsou analýzy a porovnání metod pro ověření možností lokalizace, navigace a synchronizace ARP. V textu práce se často vyskytuje popis spíše inženýrské činnosti na platformě a některé kapitoly mají rešeršní charakter. U řady částí je to pochopitelné s ohledem na široký rozsah inženýrských činností, nutných pro vývoj spolehlivého ARP, jeho analýzu jako celku a přípravu platformy pro ověřování inovativních idejí. Nicméně očekával bych méně rešeršní formu a silnější vědecký charakter některých kapitol. Např. rozbor konkrétního scénáře pro konkrétní vytipovaný ADAS, přesný popis vhodné konkrétní inovace a uvedení jakéhokoliv porovnání dokládající přínos aplikované inovace. Některé inovace v designu ARP, popisované v podkapitolách kapitoly 6, působí jako běžné funkcionality aktuálních průmyslových autonomně naváděných vozidel. Na druhou stranu, jedná se o téma s praktickým výstupem pro využití na reálné testovacím polygonu a proto u testovacích autonomních robotů v segmentu jízdních testů ADAS, musí být zajištěn vysoký stupeň bezpečnosti – proto např. realizované bezpečnostní inovace formou integrace bezpečnostních mechanismů jsou silně žádoucí.

U předmětného ARP, zejména s ohledem na formu řešení disertační práce, by bylo vhodné provést základní analýzu hazardů a rizik (HARA) a stanovení předpokladů a cílů pro zajištění bezpečnosti s vazbou na inovativní funkcionality (v duchu základních postupů dle funkční bezpečnosti a poruchové provozní bezpečnosti). Výstupy HARA by pak ovlivnily finální HW, SW a systémovou architekturu, resp. vynutily např. integraci redundantní sensoriky či celých redundantních procesů. V rozboru lokalizačních metod v kapitole 7 není u všech podkapitol zřejmé, co je převzatým řešením platformy a původním řešením disertanta. Na druhou stranu, některá z uváděných zřejmých původních řešení, např. od kapitoly 7.3 *Ultrasonic P2P Distance Measurement*, jsou podpořena vědeckou publikační aktivitou disertanta. Stejně tak jsou podpořeny publikačními výstupy vlastní řešení autora popisovaná v kapitole 8 *Navigation and Synchronization of ARPs*. V závěrečných kapitolách práce jsou uvedeny podstatné experimentální výsledky s řadou blokových schémat, regulačních struktur, výsledků lokalizačních technik a průběhů sledovaných veličin.

Poznámky k disertační práci a otázky pro disertanta, které v žádném případě nesnižují úroveň této práce a slouží především k diskusi při obhajobě, jsou uvedeny v příloze.

Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Disertační práce má velmi dobrou formální úroveň. Jednotlivé kapitoly práce vytvářejí logickou návaznost řešených problémů, umožňující dobré seznámení se s danou problematikou. Práce je psána v anglickém jazyce, byť nejsem rodilý mluvčí, je podle mého názoru jazyková stránka práce na výborné úrovni. V práci se v podstatě nevyskytují překlepy nebo zásadní gramatické chyby. Velmi dobrou úroveň má rovněž grafické zpracování práce.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Seznam publikací a dalších výsledků disertanta je uveden na stranách 86 a 87. Obsahuje celkem 14 titulů, z toho 3 příspěvky v recenzním řízení a 1 prototyp. 11 výstupů se plně vztahuje k tématu disertační práce. Jeden konferenční příspěvek získal ocenění ICAEEE 2021 Best Paper Award. Disertant má evidovány 3 tituly v databázi WoS, nicméně nejedná se o aktuální záznamy poslední 5 let. Díky aktuálnosti tématu bych očekával více publikační činnosti na mezinárodní konferenční úrovni či časopiseckou publikaci s impakt faktorem. S ohledem na silně prakticky orientované téma disertační práce bylo disertabilní jádro dostatečně publikováno. Většina deklarovaných titulů souvisí s problematikou, na které je postaveno jádro disertační práce.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Disertační práce se detailně zabývá aplikací a ověření nových myšlenek v problematice testovací platformy s autonomním robotem, určené pro verifikační a validační testy senzorických systémů a ADAS.

Vzhledem k odborné úrovni a rozsahu činností, významnému přínosu pro obor, účinné spolupráci s aplikační sférou a taktéž preciznímu zpracování, disertační práci Ing. Ondřej Lufinky s názvem „Electronics Control Systems and Advanced Methods of Evaluation for Automotive Applications“

doporučuji k obhajobě

a v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb. o vysokých školách, doporučuji po úspěšné obhajobě udělit titul Ph.D.

Příloha

Poznámky a dotazy k doktorské disertační práci

1. V práci zmiňujete, že „Vehicle Under Test“ (VUT) by také mohlo být nahrazeno platformou ARP. Tedy nejenom pozorovaný objekt (např. EVT), ale i pozorovatel s testovanou senzorikou a algoritmem ADAS. Bylo by toto skutečně s ohledem na parametry určující dynamiku vozidla možné a takové testy by byly dostatečně validní? Uveďte příklad, s jakými parametry je nutné počítat.
2. Objasněte záměr, resp. uvažovaný princip v práci zmiňované synchronizaci mezi plošinou a testovaným vozidlem s ADAS a důvod této potřeby. Posuďte, zda dovoluje E/E architektura současných vozidel sledování provozních dat a případně zásah do longitudinálního a laterálního řízení, či informačních prvků (HMI) ve vozidle.

3. V rámci kapitoly 5 a dalších podkapitol je popsán přístup k řešení firmware a aplikačního software. Vysvětlíte princip výpočtu a kontroly využívající zmíněné kontrolní součty ze zpráv.
4. Pro ověření spolehlivosti a bezpečnosti softwarového, hardwarového, systémového řešení byly stanoveny původní požadavky a prováděna jejich verifikace, resp. validace?
5. Existuje možnost převzetí standardů funkční bezpečnosti pro platformy autonomních robotů či byl proveden popis funkcionalit s ohledem na fakt, že testovací vozidla při provozu na polygonu nemusí vždy standard splňovat (při testování ADAS)?
6. Zejména z důvodu ochrany zdraví řidiče VUT, jeho další posádky a majetku, musí mít v rámci tzv. „Testrack Approval Process“ doložen např. „Test Report of Correct Functionality of Installed Safety Features“. Je u těchto mobilních robotů také vyžadována obdobná dokumentace, popř. v jakém rozsahu? Byl jste limitován při nasazení inovativních technických prostředků (HW, SW) u ARP, tedy např. problematickým zajištěním bezpečného provozu v jakékoliv úrovni?

Doporučuji disertační práci k obhajobě
I recommend the dissertation for the defence

ano
yes

Datum
Date

26.11.2021

Podpis oponenta:
Signature of opponent



1



POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Ondřej Lufinka

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Elektronické řídicí systémy a pokročilé metody vyhodnocování využitelné v dopravních aplikacích

Školitel:

Supervisor

Ing. Jiří Skála, Ph.D.

Oponent:

Opponent

Ing. Dominik Štorek, Ph.D.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Vývoj řídicích jednotek autonomních vozidel vyžaduje širokou paletu podpurných systémů, které umožňují tyto jednotky efektivně testovat v reálném prostředí při zachování maximální bezpečnosti. Trh stále zdaleka není těmito prostředky nasycen. Jejich samotný vývoj je stále aktuální a probíhá kontinuálně v závislosti na vyvíjejících se požadavcích testovacích scénářů a norem. Ing. Lufinka ve své práci předkládá komplexní návrh a realizaci embedded architektury autonomní robotické platformy, jež byla vyvinuta jako in-house řešení simulace pohybu objektů v prostředí testovacích scénářů. Součástí práce je i ryze praktický výstup v podobě funkčního prototypu, resp. první verze takového zařízení. Typické atributy architektury dosud vzniklé robotické testovací platformy Ing. Lufinka dále doplňuje o velmi zajímavá a původní rozšíření, jež mají potenciál významně vylepšit vlastní efektivitu vlastního systému platformy.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Struktura práce velmi dobře reflektuje logiku samotného návrhu platformy (převážně ze SW hlediska) a je silně orientována k samotnému zadání požadavků na vlastnosti systému. Ing. Lufinka představuje základy architektury, jednotlivé HW komponenty a očekávanou roli jejich vstupu do úrovně SW zpracování. Vlastní implementaci vždy předchází důkladná analýza příslušné funkcionality se silným akcentem na bezpečnostní prvky a neustálou vnitřní sebediagnostiku. Průběžné vyhodnocení výsledků vede autora často k potřebě modifikace daného řešení. Zvolená strategie též nese znaky standardních cyklů agilního projektového vývoje v oblasti automotive. Předkládaná řešení nabízí velmi efektivní kompromis mezi praktičností, efektivitou a cenou. Z mého pohledu splnil Ing. Lufinka cíl práce bez výhrad.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a

k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Jak již bylo zmíněno, práce předkládá analýzu a vlastní implementaci embedded systémové architektury testovací robotické platformy včetně jejího funkčního ověření. Ing. Lufinka dále představuje možnosti zlepšení performance vyvinuté platformy. Především se jedná o zvýšení přesnosti lokalizace a to pomocí užití nestandardních senzorů a jejich následné fúze, včetně zajímavého návrhu vlastních lokalizačních postupů na bázi ultrazvuku (kapitola 7).

Dále bycho vyzdvihl představení inovované geometrie podvozku, principů jejího řízení (kapitola 6) a taktéž teoretický koncept hromadného řízení více platforem v jednom scénáři. Tyto kapitoly považuji za stěžejní část původního přínosu.

Z kritického pohledu bych v práci uvítal mnohem větší důraz na analýzy chyby v rámci vyhodnocování přesnosti lokalizace pomocí jednotlivých senzorů či jejich kombinací. Zde je povětšinou uvedena pouze směrodatná odchylka a její procentuální podíl z měřené veličiny.

Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Velmi oceňuji systematickosti s jakou je práce psána. Vzhled do velmi úzké problematiky je přehledně členěný s adekvátní četností schémat, zobrazení a dalších grafických materiálů, práce působí uceleně. Jazyková úroveň je obecně dobrá, vytkl bych pouze několikero drobných jazykových nešvarů (určité/neurčité členy, čárky ve větách, místy překlepy) a v jistých případech také zbytečně vágní obraty či formulace.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Publikace Ing. Lufinky odpovídají svým výčtem předpokladům. Tímto přeji autorovi mnoho úspěchů v právě probíhajícím recenzním řízení v impaktovaném časopisu.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Konkrétní komentáře k jednotlivým aspektům práce jsem se již snažil uvést výše. Celkově hodnotím práci Ing. Lufinky jako velice zdařilou a jednoznačně ji **doporučuji k obhajobě**. Tímto nabízím několik bodů k případné diskuzi.

Doplňující otázky:

- 1) Zaujal mě princip lokalizačního protokolu na bázi ultrazvuku. Přibližte prosím, jak by mohla vypadat základní architektura zohledňující principy triangulace (při užití více uzlů) a také směrovost ultrazvukových zářičů.
- 2) Jaké jsou rozdíly v detekci (myšlena detekce ultrazvukem) nepohyblivého a pohyblivého tělesa? Které jevy je potřeba zohlednit?
- 3) Z grafů ověření přesnosti lokalizačních veličin (v , a , φ , ω) je patrná různá velikost chyby lokalizace v různých fázích manévru. Vysvětlete prosím základní důvody, proč je (může být) chyba lokalizace funkcí času.

Doporučuji disertační práci k obhajobě

I recommend the dissertation for the defence

<input checked="" type="checkbox"/>	ano	x	<input type="checkbox"/>
	yes		no

Datum
Date

5.11.2021

Podpis oponenta:
Signature of opponent

