

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Self-Localization of Unmanned Aerial Vehicles Using Visual Odometry
Jméno autora:	Bc. Jan Bednář
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra kybernetiky
Vedoucí práce:	Matěj Petrlík
Pracoviště vedoucího práce:	Skupina Multi-robotických systémů, FEL ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadaná úloha vyžadovala relativně obsáhlé znalosti v oboru vizuálně-inerciální lokalizace. Pro integraci a porovnání vybraných metod bylo potřeba porozumět, kromě principu konkrétních metod, také principu použitých senzorů a zpracování senzorických dat. Dále bylo nutné se seznámit se specifiky lokalizace a řídicích algoritmů pro UAV. Kvůli velkému rozsahu práce při integraci, experimentální verifikaci a nutnosti obsáhlých znalostí hodnotím zadání jako náročnější.	
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>	
Zadání bylo bez výhrad splněno. Experimentální část byla, navíc nad rámec zadání, rozšířena o integraci algoritmů do zpětné vazby UAV pro ověření schopnosti algoritmů UAV stabilizovat, což bylo velmi přínosné pro další projekty.	
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>	
Student na problému pracoval s vysokou mírou samostatnosti a často konzultoval dosažené výsledky a další postup. Především je potřeba ocenit studentovu iniciativu kontaktovat autory testovaných algoritmů při řešení vzniklých problémů. Dále se student v průběhu celého roku aktivně podílel na chodu laboratoře Multi-robotických systémů.	
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>	
Vybrané lokalizační algoritmy jsou state-of-the-art metody vyvinuté a používané špičkovými robotickými laboratořemi. Student vybral vhodné metody na základě rešerše odborné literatury. Tyto metody poté porovnal v souladu se zavedenou metodikou. Odbornost této práce proto hodnotím výborně.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	B - velmi dobře
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Jazyková a formální úroveň je velmi dobrá. Práce je členěna do logických celků a typograficky je taktéž na vysoké úrovni. I přes menší množství překlepů a gramatických chyb se práce dobře čte a je srozumitelná.	
Výběr zdrojů, korektnost citací	A - výborně
<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>	

Použitá literatura je citována korektně. Student rešerší odborné literatury porozuměl problematice a dokázal ve velkém množství publikovaných lokalizačních algoritmů vybrat vhodné kandidáty.

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.

Student během studia nad rámec své diplomové práce pomáhal s projekty ve skupině Multi-robotických systémů, především pak s organizací letní školy IEEE RAS Summer School on Multi-Robot Systems.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Výsledky dosažené v předložené práci hodnotím jako nadstandardní. Student dokázal nastudovat danou problematiku, vybrat vhodná řešení a tyto pak pomocí komplexních experimentů porovnat pomocí zavedených metodik pro analýzu lokalizačních algoritmů jak v simulátoru, tak v komplexních experimentech s reálnou UAV platformou. V rámci práce byl kladen důraz na srovnání přesnosti algoritmů v závislosti na konkrétní konfiguraci (pozice kamery na UAV, snímkovací frekvence, rozlišení a letová výška). Takové srovnání lokalizačních algoritmů v publikované literatuře obvykle chybí, ačkoli je velmi přínosné pro robotickou komunitu, jelikož umožňuje zvolit optimální konfiguraci pro konkrétní situaci. Student dále nad rámec své práce přispíval do několika dalších projektů a podílel se na chodu skupiny Multi-robotických systémů.

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

Datum: 10.1.2020

Podpis:

Posudek oponenta diplomové práce “Sebelokalizace bezpilotní helikoptéry pomocí vizuálně-inerciální odometrie”

Autor práce: Jan Bednář

Oponent: Tomáš Krajník

Cílem práce bylo porovnání algoritmů vizuální odometrie pro bezpilotní čtyřlůtky. Student měl provést rešerši vhodných metod a vybrat kandidáty pro experimentální posouzení. Poté měl zúžit výběr jejich nastavení na základě experimentů v simulátoru a tento zúžený výběr otestovat experimentem v reálném prostředí. Součástí zadání práce byl i design a implementace metody tvarující naplánovanou trajektorii tak, aby tato zvýšila přesnost metod vizuální odometrie.

Přesto že zadání je poměrně rozsáhlé a obtížné, předložená práce zadání splňuje více než uspokojivě. Ze struktury práce je poznat, že student jednotlivé technologické komponenty nutné k provedení experimentů pečlivě prostudoval, pochopil jejich teoretické principy, vzájemné vztahy a úlohu v rámci systému pro autonomní UAV. Kromě toho je zřejmé, že pochopil i praktická omezení jednotlivých senzorických systémů, vzplývající z principu jejich funkce. Způsob vyhodnocení experimentů navíc ukazuje správnost jejich návrhu – ačkoliv byly provedeny se značným předstihem, obsahovaly všechna data vhodná k posouzení přesnosti a spolehlivosti vybraných algoritmů.

Práce je napsaná velmi dobrou angličtinou a až na občasné překlepy je velmi dobře čitelná. Nicméně, některé části (například způsob číslování podkapitol úvodu, sekce popisující nepoužitou kameru, chybějící zvýraznění některých hodnot v tabulkách 4.1 a 4.2, struktura kapitoly “Evaluation”, obsahující kapitolu o tvarování trajektorie nebo nedefinované pojmy repeatability a precision v kapitole 4.7.1 atd) budí dojem, že byla dokončována ve spěchu. Také chybí experimentální ověření vlivu tvarování trajektorie na kvalitu odhadu pozice UAV. Další mírnou slabinou je poměrně krátký úvod do aktuálního stavu problematiky, kdy autor sice podává výčet relevantních metod, ale nerozvádí jejich vlastnosti a principy. Toto je kompenzováno detailním popisem vlastností použitých (a nepoužitých) senzorů, způsobu jejich kalibrace, metod předzpracování jejich údajů. Sekce popisující porovnávané metody navíc poukazuje na detaily, které indikují, že integrace těchto metod do systému umožňujícího jejich experimentální porovnání vyžadovala porozumění jejich principům a byla časově náročná. Práce jako celek je velmi kvalitní a student prokázal schopnost řešit obtížný problém systematickým, inženýrským způsobem.

I přes výše uvedené nedostatky navrhuji klasifikaci

A - výborně.

K práci mám následující dotazy:

- Proč se v práci popisuje kamera T265, která nakonec nebyla použita?
- Vzhledem k tomu, že v závěru se mluví o problematickém nastavení expozice a synchronizaci IMU závěrkou, proč student nepoužil kameru eCon TARA, která by měla tuto mít a kterou laboratoř školitele disponuje?
- Hlavním rozdílem mezi simulátorem a reálnými experimenty byla absence šumu IMU způsobená vibracemi vrtulí. Bylo by možné tento šum v simulátoru Gazebo simulovat?

V Al Khaznah, SAE, 25. ledna 2020

Tomáš Krajník, oponent