ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK VEDOUCÍHO ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Systém pro autonomní sběr a přesun objektů párem helikoptér
Jméno autora:	Kohout Petr
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra řídicí techniky
Vedoucí práce:	Dr. Martin Saska
Pracoviště vedoucího práce:	Katedra kybernetiky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání — **mimořádně náročné**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Zadání je velmi náročné kombinací vývoje HW i SW, včetně náročné systémové integrace a množstvím algoritmům, které bylo nutné pochopit, vyvinout a implementovat.

Splnění zadání — **splněno**

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.

Student splnil zadání ve všech bodech. Navrhl unikátní a funkční zařízení pro uchycování objektů a implementoval nový přístup plánování formace UAV kooperativně nesoucí předmět.

Aktivita a samostatnost při zpracování práce — **A - výborně**

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.

Student pracoval samostatně, aktivně a kreativně se snažil nalézt nové cesty ve vývoji systému. Na schůzky docházel pravidelně a byl vždy dobře připraven. Pracoval výrazně nad rámec svých povinností a pomohl nám tak uspět v prestižní mezinárodní robotické soutěži MBZIRC v Abu dhabi.

Odborná úroveň — **A - výborně**

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

Použité algoritmy i vlastní HW řešení uchycovače a SW řešení plánovače a řízení jsou popsány dostatečně srozumitelně a s minimálním množství chyb i díky několika iteracím během odevzdávání práce, kdy student vždy pečlivě zapracoval mé připomínky.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce — **C - dobře**

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

Jazyková úroveň práce je z mého pohledu jedinou menší slabinou. Zde by se dalo hlavně vytknout, že si student nerozvrhl závěrečné práce na diplomce dostatečně a finální verzi pro podrobnou jazykovou korekturu připravil příliš pozdě. Nicméně přes některé gramatické chyby je práce čitelná a z mého pohledu to nijak neubírá na její technické velmi vysoké kvalitě.

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 je korektně zasazena do kontextu světového výzkumu UAV a výzkumu naší skupiny. Použitou literatura je citována korektně. V práci je jasně popsáno, které části jsou implementací existující literatury a které části popisují jím navržené metody.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ A NÁVRH KLASIFIKACE

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

Student splnil všechny body zadání a výsledky překonaly mé očekávání. Rozsah práce je velký, jak po implementační, tak experimentální stránce. Student navrhl funkční řešení pro automatický sběr předmětů a kooperativní nesení rozměrných předmětů formací helikoptér pro soutěž MBZIRC. Přestože toto řešení nakonec nebylo v soutěži nutné použít a jen bylo připraveno v záloze, ukázalo se, že se jedná o světový unikát, kterého nebyl schopen dosáhnout žádný z týmů předních světových robotických laboratoří a mohu jen litovat, že se student nerozhodl pro navazující postgraduální studium.

Pokud mám hodnotit hlavně odvedenou práci a přístup studenta, a jazykovou úroveň práce nechám na posouzení oponenta, musím práci hodnotit klasifikačním stupněm **A - výborně.**

Datum: 26.5.2017 Podpis:

Posudek oponenta

Oponent: Michal Čáp, MSc.
Student: Bc. Petr Kohout
Název práce: A system for autonomous grasping and carrying of objects by a pair of helicopters

Zadáním práce je navrhnout a otestovat technické řešení úlohy přenosu rozměrného předmětu dvojicí multikoptér. Zadání se skládá z několika, dle mého názoru, náročných dílčích úkolů, jmenovitě:

- navrhnout magnetického zařízení pro uchycení předmětu a sensor přichycení předmětu,
- integrovat toto zařízení do platformy pro soutěž MBZIRC,
- navrhnout metodu pro synchronizaci řídích algoritmů na jednotlivých multikoptérách,
- návrhnout metodu pro plánování cesty pro dvojici multikoptér a ověřit jí v simulaci a
- připravit systém pro experimentální validaci v reálném prostředí.

Student splnil všechny body zadání, což představuje úctihodné množství práce. Jak je zřejmé z přiložených videí, systém byl navíc úspěšně otestován na reálných hexakoptérách ve venkovních podmínkách se silných větrem.

Všechny části systému jsou v práci popsány, avšak kvalita textové části práce má rezervy. Text má nižší jazykovou kvalitu, často chybí důležité detaily a některé výroky uvedené v práci jsou zavádějící. Namátkou:

Kapitola 4:
Vzorec 4.1 je v textu vložena nikoliv u věty, která jednotlivé symboly vysvětluje, ale mimo kontext o dvě věty dál. Symboly \mu a \mu_0 použité ve vzorci nejsou definovány.

Sekce 4.3:
Nekonzistentní použití zkratek - v jedné větě je použito "UAV" a o pět slov dále "Uav".

Dále bych očekával, že sekce 4 bude diskutovat úspěšnost použitého návrhu, tj. s jakou spolehlivostí zařízení požadovaný objekt připne a s jakou přesností je připnutí detekováno.

Sekce 5:
Není uspokojivě vysvětleno proč je nutné synchronizovat "trajectory tracking" kontroléry běžící na každé multikoptéře. Sekce 5.2.1 a 5.2.2 ukazují, že je-li natočení formace neměnné, tak synchronizace nutná není, ale pokud objekt během přenášení změní natočení, tak je nutné kontroléry synchronizovat. Proč je tomu tak? Je to proto, že při natáčení jsou multikoptéry náchylnější k rušení nebo proto, že referenční trajektorie nepředepisují jak se má plán exekuovat v čase? V tom případě bych ale nemluvil o sledování trajektorie, ale spíše o sledování cesty.

V práci se používá pojem "setpoint", který není vysvětlen.

Sekce 5.2.2:
"The more approach case is needed when we add ..." => "A more sophisticated approach is needed when we add..."?

Sekce 6:
Sekce nese název "Trajectory planning", ale hned úvodní věta je "Path planning is the essential part of this thesis". Je matoucí, zda cílem je naplánovat cestu (křivka v konfiguračním prostoru) nebo trajektorii (projekci z časového intervalu do konfiguračního prostoru). Není vysvětleno v jakém konfiguračním prostoru tuto cestu (trajektorii) plánujete.

Sekce 6.2:
Princip RRT-Path není jasně vysvětlen. Pokud jsem pro můj robotický systém schopen vypočítat cestu pomocí úplného algoritmu a použít jí jako "guiding path", proč nepoužiji rovnou tuto cestu? Domýšlím si, že guiding path je pravděpodobně vypočítána za nějakých omezených předpokladů. Mělo by být lépe vysvětleno jakých.

"The first algorithm is A* , which find the shortest way from the start to the goal point. The second algorithm is Dijsktra, which finds the optimal path regarding distance from the nearest obstacle. The found path is not shortest, but it is relatively safe."

Algoritmy A* a Dijkstra jsou optimální algoritmy řešící stejný problém. Rozdíl tedy není v použitém algoritmu pro prohledávání grafu, ale v rozdílné cost funkci. Ta ale není v této sekci dostatečně vysvětlena.

Sekce 6.3.1:
"The deviation in the direction of another UAV should be penalized less than in the opposite direction."
Hned v další větě ale navrhujete cost funkci, která tuto vlastnost nemá:
"We define optimal distance cost function as c(q) = ((d-l)*10)^4."

Sekce 6.6:
Porovnávané algoritmy jsou stochastické. Je tedy potřeba porovnávat průměrnou kvalitu řešení získaných z dostatečně velkého počtu testovacích běhů.

Shrnutí:
V této diplomové práci je navržen systém pro kooperativní přenášení předmětů dvěma multikoptérami. Student navrhl magnetický mechanismus pro uchopení předmětu, strategii pro synchronizované následování cesty a algoritmus pro plánování cesty pro formaci dvou multikoptér v úzkých průchodech. Navíc, toto integrované řešení otestoval jak v simulaci, tak i na reálném robotickém systému. To představuje více než úctihodné množství práce. Bohužel,

textová část práce se vyznačuje nižší jazykovou kvalitou a na řadě míst neposkytuje čtenáři dostatek informací k detailnějšímu pochopení navrženého systému.

Diplomovou práci proto hodnotím stupněm **B - velmi dobře**.

Otázky:

1. V grafech (např. 7.16b) je vidět, že trajectory tracking kontrolér nedokáže přesně uregulovat požadovanou vzdálenost mezi multikoptérami a to dokonce i v simulaci. Velikost této chyby v exekuci je větší než požadované změny v této vzdálenosti naplánované plánovačem. Je při takto vysoké nejistotě v exekuci ještě přínosné tyto precizní manévry plánovat off-line pomocí plánovače pohybu?

2. Na žádném z přiložených videí není vidět funkce magentického gripperu, tj. nemáme možnost vidět, jak Vámi navržené zařízení připne a upustí převážený objekt. Mohl byste takové video ukázat?

Michal Čáp
6. června 2017