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