

Posudek oponenta závěrečné práce

Název práce: Udržování formace UAV na základě měření vzájemných vzdáleností
Jméno autora: Jan Gärtner
Typ práce: Magisterská
Ústav: ČVUT v Praze
Fakulta: Fakulta elektrotechnická
Katedra: Katedra řídicí techniky
Oponent práce: Ing. Pavel Petráček, ČVUT v Praze, Katedra kybernetiky

Náročnost zadání

Zadání obsahuje rešerši literatury, technickou implementaci použitých UWB modulů a jejich následné využití pro stabilizaci formace jednoduchých mikrokoptér. Zadání hodnotím jako **průměrně náročné**.

Splnění zadání

Zadání hodnotím jako **splněné**.

Zvolený postup řešení

Student implementoval ovladač pro použité UWB moduly, ověřil přesnost lokalizace mobilního UWB přijímače s předem rozmístěnými UWB majáky, a využil stejné UWB moduly i pro formační řízení s architekturou lídr-následovník. Pro ověření funkcionality považuji tento postup řešení za **správný**.

Odborná úroveň

Odbornou úroveň předložené práce považuji za velmi dobrou. Práce je psána čtivě a s minimálním počtem chyb či vágních formulací, které nepatří do technických textů. Příložené zdrojové kódy jsou psány přehledně a jsou taktéž dobře zdokumentovány v samotné práci. Navržená řešení jsou teoreticky i prakticky vhodná pro prezentovaný lokalizační systém a experimenty jsou dobře navržené. I přesto mám k práci několik poznámek.

- Matematická notace je matoucí. Ze symbolů není přímo jasné, zda se jedná o skalár, matici a nebo vektor. U mnoha matic a vektorů chybí rozměry, čímž velmi trpí hlavně kapitola o Kalmanově filtru.
- Pokud bylo cílem zapsat, že skalár je z oboru reálných čísel, je správný zápis $x \in \mathbb{R}$, ne $x \in \mathfrak{R}$. Špatný zápis se vyskytuje v práci hned několikrát.
- Druhý prvek matice H v rovnici 2.27 má ve jmenovateli pravděpodobně špatnou měřenou vzdálenost.
- V kapitole 6.1.1 je zjištěno, že šum senzoru při experimentech nebyl z normálního rozdělení. I přes to byl pro filtraci takového šumu využit Kalmanův filtr, který není pro tento typ šumu optimální.
- Obrázky 6.9 – 6.11 bohužel neobsahují "ground truth" i když byla data měřená pod systémem Vicon. Porovnání s referencí by bylo velmi prospěšné a zvýšilo by kvalitu a přínos celé práce.

Odbornou úroveň práce hodnotím stupněm **B - velmi dobře**.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

Práce je psána dobrou češtinou s malým počtem chyb. Formátování obrázků a grafů je vhodné. Rozsah práce je pro diplomovou práci v pořádku. Struktura práce je zvolena vhodně. K formálním předpisům pro práci a k práci samotné mám tyto poznámky.

- Titulní strana práce předkládá měsíc odevzdání leden, i když byla odevzdána v květnu.
- Zadání práce je v předloženém dokumentu přítomno jako úplně poslední strana, i když by mělo být na začátku práce.
- U některých obrázků chybí legendy a někde naopak legendy překrývají data (např., 6.3b), což je nešťastné.
- Psaní jednotek je na mnoha místech špatně (např., "0, 1 s" v kapitole 4.1.1).

Kritérium formální a jazykové úrovně hodnotím stupněm **B - velmi dobře**.

Výběr zdrojů, korektnost citací

Počet citací je dle mého názoru na diplomovou práci podprůměrný (13 referencí na odbornou literaturu). Výběr zdrojů a korektnost citací hodnotím stupněm **C - dobře**.

CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Jelikož jsou lokalizační systémy založené na principu UWB typicky plně funkční v simulačním prostředí, jejich použitelnost v reálném světě bývá často limitována. Oceňuji tedy velmi jejich hardwarovou implementaci a praktický rozbor jejich funkčnosti v laboratorním prostředí obsahující překážky, které způsobují odraz signálu. I přes zmíněné nedostatky je práce, včetně navržených postupů a dosažených výsledků, kvalitní.

Předloženou práci hodnotím stupněm **B - velmi dobře**.

Doplňující otázky

1. V kapitole 2.2.1 *Model mobilního agenta* definujete, že při lokalizaci a sledování agenta estimujete jeho stav pouze pozicí v rovině. K tomu zároveň definujete "...nepředpokládá se soustavný pohyb konstantní rychlostí. Stav popisující rychlost proto vypustíme a vystačíme si se dvěma stavy.". Tím implikujete, že rychlost lídra se může měnit (tj. lídr má nenulovou akceleraci). Proč jste se tedy rozhodl stavy popisující rychlost neuvažovat? Pokud byste v modelu estimoval i rychlost lídra, jaký by měl vliv estimace rychlosti na chování Vámi navrženého systému při sledování libovolné trajektorie lídra?
2. Můžete více zdůvodnit tvar referenční trajektorie v obrázku 4.2b? Z mého pochopení práce by mělo Vámi navržené formační řízení udržovat trojúhelníkový tvar. Pokud tak mohou jednotliví agenti měnit svou rychlost, "žlutý" agent by měl tak přímo sledovat trajektorii lídra a nevybočovat.

3. Jak často dokáže Vámi použitý lokalizační systém využívající 4 statické UWB majáky měřit pozici 1 agenta? Jak se přesně tato frekvence měření mění se vzrůstajícím počtem sledovaných jednotek?
4. V poznátcích k použitým UWB sensorům zmiňujete, že převodní charakteristika Vámi použitých sensorů se mění s časem. Které fyzikální faktory a procesy tuto vlastnost UWB sensorů ovlivňují nejvíce?

V Praze 1. června 2021

Pavel Petráček