Posudek oponenta závěrečné práce

Název práce:	Interiérová lokalizace bezpilotních prostředků s využitím systému UWB
Jméno autora:	Jakub Csanda
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 odborné literatury, implementační část, simulační ověření, a provedení reálného experimentu. Díky komplexnosti zadání jej hodnotím jako **náročnější**.

Splnění zadání

Zadání hodnotím jako **splněné**. Bod č. 6 (provedení reálného experimentu) nebyl vypracován z důvodu koronavirové krize, což považuji za dostatečný důvod.

Zvolený postup řešení

Postup řešení považuji za **správný**. Student nejprve odhadl přesnost měření reálného UWB systému a výslednou statistickou analýzu použil pro návrh UWB senzorů v simulaci. Senzor byl v simulaci navržen včetně mnoha možných poruch a časových zpoždění, což hodnotím kladně. Jelikož reálný experiment nebyl vypracován, postup jeho návrhu a vyhodnocení nemohu bohužel posoudit.

Odborná úroveň

Student nastudoval, naimplementoval, zaintegroval a ověřil jak specifikovalo zadání. K odborné úrovni mám však několik poznámek.

1. Kapitola č. 2 zabývající se teoretickými porovnáními lokalizačních přístupů je dobře a zajímavě napsána a ukazuje na širší rozhled studenta v problematice. Lokalizační metody a principy jsou popsány podrobně a zároveň stručně, avšak místy velmi vágně (např., str. 25, kap. *Variants of Kalman Filter*: "..there exists an approach that..", ale již není dále rozvedeno jaký "approach" a na jakém principu pracuje) a díky tomu hodnotím porovnání této práce s podobnými metodami v odborné literatuře podprůměrné. Místo předpokládaného popisu jednotlivých state-of-the-art metod, vyzdvihnutí jejich plusů a mínusů, a porovnání s vlastní prací student pouze obecně popsal fyzikální principy a metodologii měření. Leč bych u diplomové práce očekával podrobnou rešerši state-of-the-art metod, počet referencí odborné literatury je velmi malý.

2. Navržené řešení obsahuje na bezpilotní helikoptéře 2 UWB přijímače, což implikuje odhad orientace ("heading") helikoptéry. To student však na základě surových dat v Obr. 4.7 vyhodnotil jako nespolehlivé a tudíž nepoužitelné. Vzhledem k tomuto tvrzení mi ale v práci chybí pokus o vylepšení odhadu orientace s využitím vhodného filtru k fúzi dat z obou přijímačů a použití výstupu tohoto filtru jako vstupu do estimátoru orientace dle Obr. 3.8.

3. V kapitole 4.2 je popsána přesnost měření pro několik módů dostupného UWB systému, avšak není popsáno jakým způsobem student vybral "ten správný" nebo "ten nejlepší" na základě naměřených dat.

4. U vyhodnocení přesnosti UWB lokalizace bych ocenil i další evaluační metriky, abych dokázal lépe posoudit chování systému. Vhodnou metrikou by mohla být například efektivní hodnota chyby nebo střední kvadraticá chyba.

Odbornou úroveň práce hodnotím stupněm **C - dobře**.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

Práce je psána velmi dobrou angličtinou s malým počtem chyb rostoucím s počtem stran. Nešťastné mi však přijde místami špatné formátování (viz. Obr. 3.7.) a formální prezentace naměřených výsledků, kde obrázky a grafy obsahují redundantní informaci jak v popisku tak v titulku obrázku (viz Obr. 4.4. - 4.6. a 6.1. - 6.8.). Popisky podobrázků se navíc skoro překrývají s popiskem celého obrázku a navíc neobsahují číslování, za což pravděpodobně může použitá šablona. Velikost písma u některých obrázků je až zarážející (viz. Obr. 3.1.). Rozsah práce je pro diplomovou práci v pořádku. Struktura práce je zvolena vhodně. Kritérium formální a jazykové úrovně hodnotím stupněm **B - velmi dobře**.

Výběr zdrojů, korektnost citací

Počet citací je na diplomovou práci podprůměrný (25 referencí na odbornou literaturu), což souvisí již se zmíněným stylem provedené rešerše odborných zdrojů. Reference [2] neobsahuje titul práce. 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. Je tedy škoda, že koronavirová krize nedovolila studentovi naměřit data na reálné helikoptéře a skutečně tak odhalit všechny výhody a nevýhody použitého lokalizačního systému. Předloženou práci hodnotím stupněm **C - dobře**.

Doplňující otázky

1. Obrázky 3.7 a 3.8 naznačují, že stavové estimátory fúzují informaci o požadovaném stavu (např., "desired heading rate") neboli stavovou referenci z kontroleru helikoptéry. Můžete vysvětlit jakým způsobem jsou požadované reference stavovými estimátory fúzovány?

2. Popište nebo poukažte na to jak byste využil změřené statistické parametry (kap. 4.2) Vámi použitého systému UWB pro návrh Kalmanova filtru lokalizačního výstupu ke zlepšení přesnosti odhadu pozice a orientace bezpilotní helikoptéry.

3. Vámi navrhnuté řešení pro navigaci bezpilotní helikoptéry (kap. 5.2.2) v úloze inspekce skladu plánuje pohyb helikoptéry mezi předem danými pozičními referencemi pouze sekvenčně. Jak byste

využil problém obchodního cestujícího "Travelling Salesman Problem" ve stejné úloze? Jak byste v řešení TSP optimalizoval inspekci skladu vzhledem k letovému času nebo vzhledem k rychlosti?

V Praze 30. srpna 2020

Pavel Petráček