

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Sensorická Fúze Zdrojů Ionizující Radiace Skupinou Bezpilotních Dronů
Jméno autora:	Bc. Michal Werner
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra počítačů
Oponent práce:	Ing. Martin Urban
Pracoviště oponenta práce:	Katedra radioelektroniky

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Zadání diplomové práce (DP) je koncipováno jako seznámení se s problematikou detekce a lokalizace radiačních zdrojů pomocí Comptonovy kamery umístěné na bezpilotních dronech. Následný návrh a implementace vhodné lokalizační metody má využívat fúzi sensorických dat z několika zdrojů, a to jak z řady senzorů umístěných na jednotlivých dronech, tak v rámci sdílení dat v malé skupině několika bezpilotních dronů (až 4) během skenování prozkoumávané oblasti. Součástí zadání je i návrh a implementace vhodné vyhledávací strategie. V rámci této diplomové práce se očekává implementace navrhovaného řešení do sady robotického middlewaru ROS, využívaného skupinou Multirobotické systému ČVUT FEL a jeho následná simulace. Vzhledem k celkovému objemu a komplexnosti zadané práce hodnotím zadání jako náročnější.</p>	

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>	
<p>V úvodu DP student shrnuje problematiku ionizujícího záření (základní dělení, šíření a typy interakce s hmotou) s plynulým navázáním na princip Comptonovy kamery a polovodičového, pixelového detektoru Timepix3 s kompaktní elektronikou MiniPIX, vhodné pro aplikaci na dron. Pro rekonstrukci zdroje a jeho následnou lokalizaci je využita metoda MLEM společně se zpětnou projekcí, kdy očekáváme umístění zdroje na zemi. Součástí je také Monte Carlo simulace pravděpodobnosti zaznamenané comptonovy interakce v CdTe senzoru použitého detektoru. Pro vzájemnou komunikaci a řízení dronů společně pro plánování a vyhodnocení vyhledávání zdroje je popsán a využit centralizovaný systém řízení dronů. Student také popisuje postupný návrh vyhledávací strategie s využitím několika bezpilotních dronů. Součástí závěrečné práce je prezentace a vyhodnocení několika měření, a to jak simulovaných, tak i v rámci reálného prostředí, přestože radiační zdroje byly z důvodu dostupnosti a bezpečnosti pouze virtuální.</p>	

Zvolený postup řešení	vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Zvolený postup hodnotím jako správný, kde se student nejprve seznámil s problematikou ionizujícího záření, jeho šíření a detekcí, včetně rešerše vhodných a používaných metod. V rámci simulací zadané problematiky zahrnul většinu významných veličin a vlastností (šíření a rozptyl radiace v prostoru, pravděpodobnost interakce se senzorem, nepřesnost v rámci určení polohy, ...). Nicméně, student počítá s idealizovaným radiačním detektorem, kde započítává pouze jeho teoretické energetické rozlišení a opomíjí stabilitu (kalibrace) odezvy v proměnném prostředí, kdy je detektor vystaven „povětrnostním vlivům“, kterou pokládá za konstantní. Avšak v tomto případě se jedná pravděpodobně o minoritní zanedbání, které lze v rámci budoucí práce jednoduše doplnit. Centralizovaný systém vzájemné spolupráce skupiny dronů je zvolen s ohledem na výpočetní náročnost a efektivitu plánování jednotlivých tras.</p>	

Odborná úroveň

A - výborně

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

Předložená závěrečná práce je na výborné úrovni. Student správně popisuje a aplikuje znalosti a vědomosti získané během studia a v rámci spolupráce MRS skupiny. Součástí DP je i studium a aplikování poznatků z odborné literatury stejně jako využití záznamů letových dat z provedených experimentů, a to jak během tvorby DP, ale i záznamů z měření konaných dříve. Zpracovaná data a prezentované výsledky jsou na odpovídající odborné úrovni.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

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

Práce je psaná v anglickém jazyce, což umožní její případný přesah a aplikovatelnost i v zahraničí a světové odborné komunity. Práce je vhodně formátovaná a strukturovaná, psaná čtivou a srozumitelnou formou a obsahuje minimum překlepů (např. „kEV“). Avšak v rámci použitého jazyka dochází k nekonzistentnímu občasnému využívání UK/US angličtiny. Stránkový rozsah práce odpovídá diplomové práci.

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.

Student pracoval s celkem 37 literárními zdroji, z nichž naprostou většinu představují vědecké publikace. V první třetině práce se mezi citovanými zdroji [24] a [25] vyskytuje zdroj [0], zde se nejspíše jedná o špatnou referenci v rámci finální sazby textu. Ostatní použité zdroje student řádně cituje a podle mého názoru nedošlo k porušení citační etiky.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Nemám další komentáře.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Diplomant Bc. Michal Werner se v závěrečné práci věnuje problematice lokalizace zdrojů ionizujícího záření pomocí polovodičového detektoru Timepix3 s CdTe senzorem umístěným na bezpilotním dronu. V práci je popsána problematika jednovrstvé Comptonovy kamery a její vhodná implementace pro lokalizaci radiačního zdroje. Práce přehledně a jasně prezentuje aplikované metody a potenciál sensorické fúze v rámci malé skupiny několika (až 4) bezpilotních dronů. Prezentované výsledky jsou podpořeny simulacemi a student také představil možnost detekce i několika zdrojů záření. Navržený postup byl úspěšně implementován do robotického operačního systému, který je využíván nejen v rámci skupiny MRS, ale i celosvětovou odbornou komunitou. Představená lokalizační metoda více zdrojů je limitována na zdroje o stejné energii, kdy předem víme o jaký zdroj se jedná. Nicméně, jak ukázaly nedávné události, má tato práce nejen vědecký, ale i aplikační potenciál.

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

Návrh otázek k obhajobě:

- V závěru práce píšete o možném rozšíření o detekci intenzity záření. Lze v tomto případě využít fúze dat z již použitého detektoru radiace Timepix3 nebo je třeba rozšíření o detektor jiného typu? Odpověď zdůvodněte.

Datum: 18.6.2023

Podpis: