



Posudek oponenta závěrečné práce

| | |
|----------------------|---|
| Oponent práce: | Ing. Marián Hlaváč |
| Student: | Bc. Matyáš Sojka |
| Název práce: | Ovládání dronu za pomoci technik hand-trackingu |
| Obor / specializace: | Softwarové inženýrství |
| Vytvořeno dne: | 4. února 2024 |

Hodnotící kritéria

1. Splnění zadání

- [1] zadání splněno
- ▶ [2] zadání splněno s menšími výhradami
- [3] zadání splněno s většími výhradami
- [4] zadání nesplněno

Zadání práce stanovovalo vytvoření aplikace pro ověření vhodnosti použití technik hand-tracking pomocí stereo kamer pro ovládání virtuálního dronu v 3D prostředí.

Student v rámci práce provedl analýzu existujících řešení, provedl rešerši nad existujícími senzory pro hand-tracking, stejně tak jako dostupného software pro zpracování dat poskytovaných zmíněnými senzory. Navazující návrhová fáze pak určila jakými gesty se bude aplikace ovládat, jak bude probíhat výuka seznámení s ovládáním a také jak bude vypadat samotná ukázková aplikace na které bude možné nový způsob ovládání vyzkoušet. Implementace proběhla s použitím 3D engine Unity dle návrhu s drobnými odchylkami v UI a gesty vycházejícími z praktického použití při testování implementace. K závěru práce pak student provedl testování za použití senzoru s několika testery aby ověřil výsledky implementace.

V procesu návrhové fáze došlo k odchýlení od původního zadání volbou jiného senzoru — zvolen byl alternativní, který poskytuje podobné funkce. Vzhledem k cílům práce (volba senzoru nebyla primárním účelem práce) je změna oproti zadání zanedbatelná. Volbu jiného senzoru student v kapitole 2.1 opodstatňuje nemožností použít hand tracking v kombinaci s použitím grafického engine Unity či Unreal. Podpora hand-trackingu se však v knihovně objevila dva týdny po odevzdání práce (zdroj: <https://github.com/luxonis/depthai-unity#hand-traking-blaze-hands-through-unity-bridge>), shodou okolností metodou (Python wrapper), kterou student v práci shledal jako neproveditelnou. Požadavek na robustnost ze zadání byl řešen pouze použitím prahové hodnoty náklonu ruky / gest.

Zadání však práce splňuje v plné míře.

2. Písemná část práce

75 /100 (C)

Student se v řešerši pouze okrajově věnuje způsobem ovládání dronů v reálném světě. Postrádal jsem alespoň zevrubné pozastavení se nad tím, jak jsou drony vysílačkou ovládány, jaké informace jsou přenášeny z vysílačky do letounu a do jaké míry drony umí "letět samy". Vzhledem k tomu, že v pozdějších kapitolách student navrhnul při nehybné ruce aby dron "stál ve vzduchu", scházelo mi ujištění, že si je student vědom toho že taková věc je proveditelná a lze dron nechat letět ve vzduchu "na místě".

Úroveň textu splňuje formální požadavky na text diplomové práce. Text je čtivý a dodržuje přirozenou posloupnost postupu práce. Text obsahuje minimum překlepů a lze se setkat s pár anglicismy ("threshold" místo "práh"). Lze pozorovat, že některá důležitá tvrzení jsou v práci opakována, např. výškové limitace senzoru jsou celým odstavcem popisovány na stránce 12, ale stejně tak i na stránce 24. Oba odstavce ve své podstatě pojednávají o tom samém, jen jsou formulovány jinak.

Práce nesplňuje doporučený rozsah dle směrnice děkana, počet obsahových stran je 38. Práce je vhodně ozdrojovaná, ovšem pro některá menší tvrzení konkrétní zdroje chybí (např. první obsahová věta v 1.1.1). Překvapil zdroj č. 59 který referencuje právě čtenou práci — mělo jít pravděpodobně o pouhý odkaz na GitLab místo reference. Sazba trpí jen několika neduhy (např. obrázek a tabulka mezi slovem rozděleným spojovníkem na str. 17).

Výsledky experimentální části práce (např. určení ideálního minimálního detekovaného úhlu) mohly být popsány do většího detailu, zvláště když se jednalo o jeden z hlavních přínosů této práce.

Kladně hodnotím přiložené obrázky, či zpracované ikonky a tabulku jednotlivých gest které napomáhají pochopení problematiky a fungování gest.

3. Nepísemná část, přílohy

60 /100 (D)

Implementace byla vcelku zjednodušená použitím knihoven, pluginů a hotových 3D objektů. Jako implementaci na úrovni diplomové práce jsem původně očekával práci se surovými daty ze senzorů, nebo alespoň s body které byly převedeny do cílového souřadného systému 3D světa. Místo toho je z kódu zřejmé, že kamerový software obstarává veškerou práci týkající se hand-trackingu (poloha, rotace, gesta, natažené prsty, ...) a podstatou nepísemné části je tak pouze napojení těchto již předzpracovaných informací na události v 3D světě, což opět na druhou stranu zjednodušuje vybraný 3D engine. Je však důležité poznamenat že tyto skutečnosti jsou v textu práce popsány a korektně deklarováno které části práce jsou autorskou prací a které byly použity jako předpřipravené řešení.

Chování samotného letu dronu je tak implementováno v rámci pouze nižších desítek řádek kódu. Jádro problému je tak pouze podmínka nad nakloněním ruky (jehož zpracovanou hodnotu poskytuje knihovna) a následná transformace objektu dronu o tuto hodnotu naklonění. Napsané skripty a objekty v Unity scéně nejsou v projektu dobře ani přehledně strukturovány.

V kapitole 3.5 student správně rozpoznal příčinu problémů, nedobral se však ke správnému řešení problému. Komponenta RigidBody v Unity vyžaduje aby se pohyby v

rámci simulace fyzikálních kolizí prováděly výhradně za pomoci použití metod `RigidBody.AddForce`, nebo `RigidBody.Move` či podobné, avšak nikoliv pravidelnou aktualizací komponenty `Transform`, díky čemuž vznikaly v textu popsané problémy. Lze se domnívat že k práci s fyzikálním enginem nebyla provedena dostatečná rešerše či konzultace dokumentace Unity.

Implementace spočívala spíše v přípravě levelů, herní logiky a 3D prostředí. Takový rozsah na úrovni diplomové práce hodnotím spíše jako jednodušší a práce spíše vyniká v jiných ohledech než je její implementační část.

4. Hodnocení výsledků, jejich využitelnost

85 /100 (B)

Jako výsledek vznikla spustitelná aplikace — hra, ve které lze ovládat virtuální dron pouhým použitím ruky. Aplikace byla testery shledána jako zábavná a lze nesporně tvrdit že jde o zajímavý výsledek, u kterého si dovedu představit, že si jej každý bude chtít vyzkoušet a zalétat si.

I přesto, že bylo testování dle všeho časově náročné, vzhledem k mým předchozím připomínkám k rozsahu práce, očekával bych v rámci testování provedení A/B testů a především ověření nepotvrzených myšlenek a rozhodnutí, např. různý minimální náklon ruky, nastavení citlivosti či úprava gest. Testerům byla poskytnuta k testu pouze varianta použití klávesnice a hand-trackingu, přičemž nehodnotili různé varianty hand-trackingu, kterému se práce primárně věnovala. Z výsledků testů tak plynou spíše subjektivní dojmy testerů, než data, kterými by se dal podložit další fine-tuning citlivosti, gest, či jiných aspektů aplikace.

Možnosti napojení na ovládání reálných dronů byly v práci diskutovány nedostatečně detailně. Vzhledem k poměrně úzkému propojení s Unity enginem, jeho pluginy a knihovnou, není zjevné jak by se dala tato konkrétní aplikace rozšířit pro ovládání reálného dronu.

Výsledky testování jsou přehledně popsány slovně, ale i graficky znázorněny. Je přehledně jasné k jakým výsledkům a odpovědím se výběr testerů dobral.

Kladně hodnotím fakt, že dle posudku vedoucího je student již nyní domluven a odhodlán dále pracovat s vedoucím na vědeckém článku který z této práce vychází.

Celkové hodnocení

75 /100 (C)

Obecně jsem zastáncem pravidla "nevyvalézej znovu kolo" — použití dostupných zdrojů je bezesporu užitečná úspora času. U této práce jsem se však nemohl zbavit dojmu že poměr použitých "zjednodušení" je poměrně vysoký. Celý tento fakt by se dal přehlédnout za předpokladu, že by se v textu nacházely výjimečné výsledky co se týče filtrace dat, výsledků experimentů a testování s uživateli.

Přínos práce tedy vnímám primárně v přinesení neotřelého způsobu ovládání a připravení užitečného podkladu pro pozdější rozšíření ve vědecký článek.

Vzhledem i k tomu, že si student vybral poměrně zajímavé téma hodnotím práci celkovým stupněm C.

Otázky k obhajobě

- Pokuste se prodiskutovat možnost, zda by při procesu fixace výchozí pozice ruky bylo přínosné zaznamenat i výchozí rotaci ruky — v reakci na 3.2.2 tvrzení "není přirozené mít dlaň přesně v rovině". Je to proveditelné, a má šanci přinést výhodu, např. v podobě zmenšení prahu detekce a změny přesnosti?
- Pokuste se určit minimální HW konfiguraci pro plynulý běh aplikace, uveďte např. i konfiguraci na které byla aplikace vyvíjena a byl na ní tedy běh bezproblémový.

Instrukce

Splnění zadání

Posudte, zda předložená ZP dostatečně a v souladu se zadáním obsahově vymezuje cíle, správně je formuluje a v dostatečné kvalitě naplňuje. V komentáři uveďte body zadání, které nebyly splněny, posudte závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků. Pokud zadání svou náročností vybočuje ze standardů pro daný typ práce nebo student případně vypracoval ZP nad rámec zadání, popište, jak se to projevilo na požadované kvalitě splnění zadání a jakým způsobem toto ovlivnilo výsledné hodnocení.

Písemná část práce

Zhodnoťte přiměřenost rozsahu předložené ZP vzhledem k obsahu, tj. zda všechny části ZP jsou informačně bohaté a ZP neobsahuje zbytečné části. Dále posudte, zda předložená ZP je po věcné stránce v pořádku, případně vyskytují-li se v práci věcné chyby nebo nepřesnosti.

Zhodnoťte dále logickou strukturu ZP, návaznosti jednotlivých kapitol a pochopitelnost textu pro čtenáře. Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku ZP, viz Směrnice děkana č. 52/2021, článek 3.

Posudte, zda student využil a správně citoval relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami. Zhodnoťte, zda převzatý software a jiná autorská díla, byly v ZP použity v souladu s licenčními podmínkami.

Nepísemná část, přílohy

Dle charakteru práce se případně vyjádřete k nepísemné části ZP. Například: SW dílo – kvalita vytvořeného programu a vhodnost a přiměřenost technologií, které byly využité od vývoje až po nasazení. HW – funkční vzorek – použité technologie a nástroje, Výzkumná a experimentální práce – opakovatelnost experimentů.

Hodnocení výsledků, jejich využitelnost

Dle charakteru práce zhodnoťte možnosti nasazení výsledků práce v praxi nebo uveďte, zda výsledky ZP rozšiřují již publikované známé výsledky nebo přinášející zcela nové poznatky.

Celkové hodnocení

Shrňte stránky ZP, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Celkové hodnocení nemusí být aritmetickým průměrem či jinou hodnotou vypočtenou z hodnocení v předchozích jednotlivých kritériích. Obecně platí, že bezvadně splněné zadání je hodnoceno klasifikačním stupněm A.