

Základní informace

Jméno projektu	Inkrementální rekonstrukce 3D scény
Zkratka	Photo3D
Vedoucí	Josef Pelikán <pepca@cgg.mff.cuni.cz>, Pocket Virtuality a CGG MFF UK
Konzultanti	Jan Hovora <Jan.Hovora@pocketvirtuality.com>, Pocket Virtuality
Anotace	<i>Cílem projektu je rekonstruovat 3D scénu pomocí fotogrammetrie s daty pořízenými brýlemi HoloLens nebo senzorem Kinect. Klasický postup „fotografie – sparsePointCloud – reconstructed3Dmesh“ používá jako první krok algoritmy „Structure From Motion“, které jsou následovány převodem na hustší reprezentaci a trojúhelníkovou síť. Je k dispozici několik knihoven, které některé problémy řeší. Bude potřeba prozkoumat jejich skutečnou použitelnost, propojit je dohromady do jedné pipeline a dále prozkoumat a navrhnout inkrementální (progresivní) metody, které by byly schopné vylepšovat hrubý výsledek podle dat, které budou postupně přicházet.</i>

Motivace

Rekonstrukce 3D modelu okolí z brýlí HoloLens nebo Kinect je náročný úkol, protože hloubkové senzory nedávají dostatečně kvalitní data. Firmware HoloLens se snaží průběžně 3D trojúhelníkové síť poskytovat, nejsme však spokojeni s kvalitou topologie a geometrickou přesností výsledků. Protože HoloLens i Kinect jsou schopné snímat kvalitní fotografie, je naší snahou vyzkoušet i klasický přístup z počítačového vidění – fotogrammetrii z velkého množství snímků pořízených z různých směrů. Úkolem bude propojení existujících knihoven, vyzkoušení jejich funkčnosti, doplnění chybějících funkcí, optimalizace kritických algoritmů (např. pomocí CUDA) a nakonec snaha o inkrementální/progresivní implementace celého postupu 3D rekonstrukce.

Popis projektu

Vstupní data: fotografie pořízené z různých míst a s různými směry pohledu. Snímky jsou opatřeny přibližnými údaji o jejich pozici a orientaci, jak je naměřilo snímací zařízení (helma HoloLens nebo senzor Kinect). Tyto extrinsec údaje mají omezenou přesnost, bude potřeba je podrobit analýze a případné optimalizaci v prvních fázích fotogrammetrie. Intrinsic parametry kamer (ohnisková délka objektivu, vnitřní geometrie fotoaparátu) mají podobný status – výrobce je nějak deklaruje, ale možná bude potřeba je dále při optimalizaci zpřesnit.

Fotografie přicházejí postupně, v reálném čase (třeba jedna fotografie za 1 až 10 sekund). Pokročilejší řešení tohoto projektu může toto postupné pořizování dat respektovat (viz níže).

Výstup: rekonstrukce 3D scény v podobě dostatečně hustých trojúhelníkových sítí. Je možné data postupně zpřesňovat, tj. nahrazovat starší síť novými. Detaily organizace takového nahrazování nejsou důležité, v případě potřeby budou specifikovány.

Postup řešení:

1. fáze – hledání „features“, jejich párování („feature matching“), odstraňování chybných vzorků („outlier rejection“), triangulace v prostoru, optimalizace pozice kamer

(„extrinsics“), sestavení řídkého oblaku bodů („sparse point cloud“)

2. fáze – pracuje na datech z první fáze s cílem body zahustit tak, aby na jejich základě šlo vytvořit dostatečně kvalitní trojúhelníkovou síť

Uvažované knihovny, které bude potřeba prozkoumat a otestovat: Colmap, OpenMVS, MVE, PMVS.

Specifické podmínky projektu: fotografie nejsou k dispozici předem, ale přicházejí postupně, jak senzor (helma) obchází daný prostor. Bude potřeba zřejmě inicializovat řešení úlohy s pomocí několika málo fotografií, připravit si vhodné datové struktury pro rychlé vyhledávání a následně přijímat další vstupní data podle toho, jak budou přicházet. Adaptivně se přitom bude vylepšovat výsledná 3D reprezentace. Takový postup není úplně obvyklý a bude třeba tento koncept i jednotlivé detaily důkladně analyzovat a navrhnout použitelné řešení.

Implementace a otestování inkrementálního postupu by se v ideálním případě staly originálním výsledkem tohoto softwarového projektu. Pokud se z nějakého důvodu nepodaří progresivitu dotáhnout do konce, měla by výsledná dokumentace alespoň obsahovat analýzu podmínek a příčin neúspěchu a návrh, co by se dalo vyzkoušet příště.

Platforma, technologie

Version control: Git

HoloLens:

OS: Windows 10 UWP

Jazyk: C++ (Visual Studio 2019)

Síťové připojení: TCP/IP přes WiFi

Výpočetní server:

OS: Linux nebo Windows (podle použitých knihoven)

Jazyk: C++

Výpočetní prostředí: OpenGL / CUDA

Odhad náročnosti

6-8 měsíců práce pro 4 řešitele.

Návrh rozdělení rolí:

1 řešitel: HoloLens pořizování dat a integrace výsledku (Dupej)

1 řešitel: první fáze – „Structure from Motion“, výroba řídkého point-cloudu (Jelínek)

2 řešitelé: druhá fáze – rekonstrukce husté trojúhelníkové sítě – Multi-View Stereo, optimalizace, inkrementální výpočet (Vozár a Mačák)

Návrh časových etap:

- I. seznámení se s technologiemi a typickými daty, se kterými budeme pracovat (všichni) [14d]
- II. seznámení se s knihovnami, které jsou k dispozici, jejich testování (všichni) [1m]
- III. volba použitých komponent, sepsání specifikace, detailní rozdělení práce (všichni) [14d]
- IV. jednotliví členové týmu pracují na svých komponentách, průběžně hlásí pokrok a předběžně testují vzájemné propojení [2-3m]
- V. integrace, testování, měření (všichni, rezerva) [1-2m]
- VI. dokumentace a příprava obhajoby (všichni) [1m]

Tým

Vedoucí: Josef Pelikán, MFF UK a Pocket Virtuality

Členové: Lukáš Jelínek, Pocket Virtuality (absolvent MFF UK)

Ján Dupej, MFF UK a Pocket Virtuality

Jaroslav Vozár, MFF UK

Adrián Mačák, MFF UK

Vymezení projektu

Projekt je zaměřen na následující oblasti (zaškrtněte vyhovující):

Diskrétní modely a algoritmy	
	diskrétní matematika a algoritmy
	geometrie a matematické struktury v informatice
	optimalizace
Teoretická informatika	
	Teoretická informatika
Softwarové a datové inženýrství	
	softwarové inženýrství
X	vývoj software
	webové inženýrství
	databázové systémy
X	analýza a zpracování rozsáhlých dat
Softwarové systémy	
	systemové programování
	spolehlivé systémy
X	výkonné systémy
Matematická lingvistika	
	počítačová a formální lingvistika

	statistické metody a strojové učení v počítačové lingvistice
Umělá inteligence	
	inteligentní agenti
	strojové učení
X	robotika
Počítačová grafika a vývoj počítačových her	
	počítačová grafika
	vývoj počítačových her

Reference

- 3D reconstruction pipeline overview – https://home.cse.ust.hk/~tshenaa/sub/ACCV2016/accv_tutorial2.pdf
- Multiple View Geometry – <https://github.com/openMVG/openMVG>
- Progressive 3D Reconstruction All the Way – <https://github.com/alexlocher/patw>
- Colmap – <https://colmap.github.io/>
- MVE – <https://github.com/simonfuhrmann/mve>
- SMVS – <https://github.com/flanggut/smvs>
- Texturing – <https://github.com/nmoehrle/mvs-texturing>
- Referenční stránka – https://github.com/openMVG/awesome_3DReconstruction_list/blob/master/readme.md