

3D SCENE RECONSTRUCTION FROM IMAGES

Zdeněk Hejl

Master Degree Programme (3), FIT BUT

E-mail: xhejlz00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Španěl Michal

E-mail: spanel@fit.vutbr.cz

Abstract: Main goal of this work is to easily and automatically reconstruct 3D scene from a set of regular photographs using the Structure from motion approach. Reconstruction process able to create a dense point cloud is based on many state of the art algorithms and libraries like SIFT, Bundler, PMVS and CMVS. Finally, a new technique based on PCL library to create meshes from the point cloud data is proposed.

Keywords: Scale-invariant feature transform (SIFT), pairwise matching, Bundle adjustment, stereoscopic algorithms, point cloud segmentation, clustering, triangulation, 3D model repairing

1. ÚVOD

Tato práce se zabývá rekonstrukcí scény z obyčejných fotografií bez použití speciálních snímacích zařízení, bez asistence uživatele a bez dalších dodatečných informací o scéně. Cílem této práce je použít současné nejlepší dostupné algoritmy a knihovny a spojit je do jednoho plně automatizovaného řetězce. Součástí rekonstrukce je i vlastní postup pro výrobu polygonálních modelů. Výsledkem je snadno ovladatelný program, který zpřístupní rekonstrukci i běžnému uživateli.



Obrázek 1: Jedna z 55 použitých fotografií a zrekonstruované mračno 87k bodů

2. REKONSTRUKCE 3D SCÉNY Z FOTOGRAFIÍ

Pro rekonstrukci jsem zvolil metodu „Structure From Motion“, která vyžaduje, aby byly fotografie pořízeny z různých míst. Pro kvalitu rekonstrukce je také důležité, aby se scéna v průběhu focení příliš neměnila. Použitý postup rekonstrukce lze popsat následovně:

1. Detekce význačných bodů a jejich párování.
2. Získání parametrů kamery pro jednotlivé snímky (pozice, natočení, ohnisková vzdálenost).
3. Výroba hustého mračna bodů.
4. Rekonstrukce povrchu a jeho opravy.

2.1. ZALOŽENO NA ŘETĚZCI BUNDLER + CMVS + PMVS

K rekonstrukci je použit open source software Bundler [1]. Jedná se o řetězec programů a různých skriptů, který dokáže ze zadaných fotografií získat pozice a natočení kamer jednotlivých snímků. Tento řetězec funguje zjednodušeně takto: pro všechny fotografie se zjistí ohniskové vzdálenosti, detekují se význačné body pomocí algoritmu SIFT. Díky těmto bodům se každé dvě fotografie vzájemně porovnají a algoritmus Bundle adjustment poté optimalizuje mezi všemi fotografiemi hledané parametry kamer. Tyto parametry jsou poté využity programem PMVS [2], který z nich vyrobí husté mračno bodů.

Pro dosažení mnou stanovených cílů jsem tento Bundler řetězec především zjednodušil, zpřehlednil a zrychlil. Samotný řetězec jsem přepsal do jednotného jazyka (Python) a odstranil závislost na linuxových nástrojích. Přidal jsem podporu pro druhou databázi parametrů běžných kamer. Původní SIFT jsem nahradil implementací z knihovny VLFeat, který je rychlejší, nelimituje použitelné rozlišení a umožňuje nastavit více parametrů. Zpřehlednil jsem celou adresářovou strukturu, která se při rekonstrukci plní dočasnými soubory. Moje implementace navíc umožňuje přeskočit již hotové části výpočtu a ušetřit tak čas při testování různých parametrů.

Zrychlení bylo docíleno díky paralelizaci dvou časově významných částí řetězce – detekci význačných bodů a jejich párování. Paralelizaci jsem implementoval pomocí knihovny Boost::threads a zrychlení samotných částí je úměrné počtu jader procesoru. Celková úspora času však závisí i na nastavení a samotných datech. Ve zde ilustrovaném případě je pro rekonstrukci budovy použito 55 fotografií o rozlišení 12Mpix a rekonstrukce hustého mračna bodů (Bundler+PMVS) trvá (na 6ti jádrovém procesoru) bez mojí optimalizace zhruba 15 minut, po optimalizaci pod 10 minut. Výsledné mračno bodů obsahuje 87 tisíc bodů při použití efektivního rozlišení 3Mpix v PMVS.

Do implementace byla navíc přidána možnost rekonstrukce z videa. Pro samotné získání a ukládání snímků používám knihovnu OpenCV. Z videa se snažím automaticky vybírat nejméně rozmazané snímky z několika po sobě jdoucích. Toho je docíleno výběrem snímků, které mají nejmenší průměrnou tloušťku hran získaných ze Sobelova hranového detektoru.

2.2. TVORBA POLYGONÁLNÍ SÍTĚ Z MRAČEN BODŮ

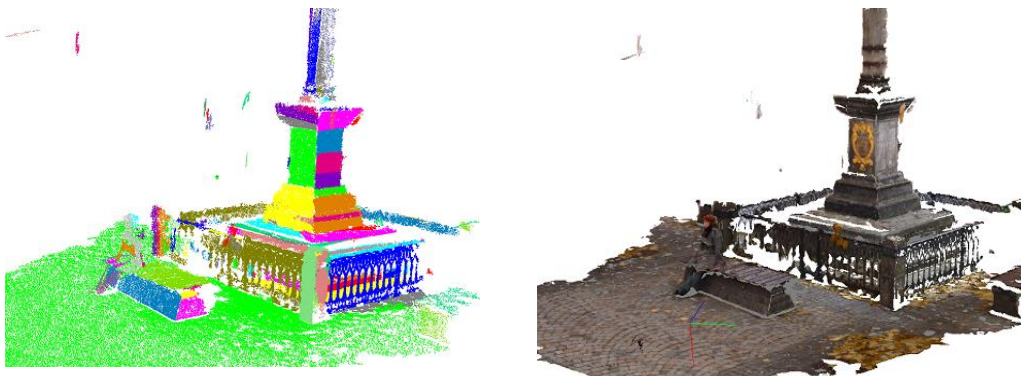
Mračna bodů vznikající při rekonstrukci obsahují zašumělá data, mohou mít proměnlivou hustotu bodů v různých částech scény a trpět dalšími nedokonalostmi. To klade vysoké nároky na výběr vhodného algoritmu pro rekonstrukci povrchu. Po několika experimentech jsem se vydal cestou opravy originálního mračna bodů, výroby polygonálního modelu a případné další opravy vzniklé polygonální sítě. K tomu využívám knihovnu PCL (Point Cloud Library), která přináší řadu užitečných nástrojů pro práci s nasnímanými mračny bodů.

Můj současný postup spočívá v postupné segmentaci rovin z hlavního mračna bodů, výrobě polygonální sítě a odebírání již zrekonstruovaných bodů z původního mračna bodů:

1. Najdi rovinu metodou RANSAC (Random sample consensus).
2. Pokud byla nalezena rovina:
 - ▲ Odděl body odpovídající této rovině.
 - ▲ Proveď shlukování bodů nad všemi body z této roviny.
 - ▲ Pro každý dostatečně velký shluk:
 - ▲ znovu nalezni rovinu (zpřesní parametry roviny pro tento shluk),
 - ▲ vrať již nevyhovující body pro tuto rovinu zpět do původního mračna bodů,
 - ▲ promítni všechny body shluku na nově nalezenou rovinu (odstranění šumu),
 - ▲ vyrob polygonální síť z těchto promítnutých bodů a přidej ji do seznamu.
 - ▲ Vrať nepoužité body zpět do původního mračna bodů.
 - ▲ Pokračuj v bodě 1.
3. Spoj všechny polygonální sítě ze seznamu a ulož výsledek.



Obrázek 2: Segmentace budovy na rovinné shluky bodů a polygonální síť (164k trojúhelníků)



Obrázek 3: Segmentace sloupu (303k bodů) a získaná polygonální síť (457k trojúhelníků)

3. ZÁVĚR

Rekonstrukce 3D scény je algoritmicky i výpočetně náročná disciplína. Mé řešení však potvrzuje, že rekonstrukci je možné provádět i s běžným fotoaparátem a počítačem, přičemž veškeré výpočty lze plně automatizovat. Ačkoliv je mé řešení již funkční, stále je třeba doladit některé parametry a provést testování na připravených datech. Zároveň plánuji vylepšit současné postupy rekonstrukce polygonální sítě a zlepšit jejich kvalitu pomocí automatických oprav.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena Evropským fondem regionálního rozvoje (ERDF) v rámci projektu Centra excelence IT4Innovations (CZ.1.05/1.1.00/02.0070).

REFERENCE

- [1] Noah Snavely, Steven M. Seitz, Richard Szeliski: Photo Tourism: Exploring photo collections in 3D, ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH 2006), 2006.
- [2] Yasutaka Furukawa, Jean Ponce: Accurate, Dense, and Robust Multi-View Stereopsis. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010.