

Video s elektronickou štěrbínovou závěrkou pro 3D rekonstrukci

Bc. Michala Police

Cílem diplomové práce bylo prozkoumat možnosti pořízení záznamu obrazu z pohyblivé kamery s elektronickou štěrbínovou závěrkou, odhadnout parametry charakterizující časování závěrky, implementovat detekci referenčního obrazce na konkrétním zařízení Android a otestovat geometrický model kamery pro několik alternativních úloh orientace kalibrované kamery ze známých bodů.

Předložená práce o rozsahu 55 číslovaných stran (včetně příloh) je psána v českém jazyce. V posudku nyní následuje rozbor práce po jednotlivých kapitolách.

Tři úvodní kapitoly popisují princip štěrbínové závěrky a poukazují na její specifické vlastnosti, včetně vlivu na geometrii a radiometrii obrazu za pohybu kamery. Podávají dále stručný přehled metod pro odstranění tohoto vlivu. Závěrečná část kapitoly 3 stručně popisuje geometrický model kamery se štěrbínovou závěrkou.

K úvodním kapitolám mám tyto připomínky:

1. Podle mého názoru by místo několika krátkých úvodních kapitol měla být kapitola jediná, o třech částech.
2. Jak vypadala scéna snímaná pro účely obr. 2.7?
3. Popis modelu R6P pro orientaci kamery v části 3.2 je příliš stručný a neúplný, bez vysvětlení notace. Není jasné, co reprezentuje v v rotační matici $R(v)$ a proč je nutno rotaci linearizovat. Nejsou uvedeny předpoklady o scéně.
4. Princip polynomiálního řešení *čeho* spočívá v použití Gröbnerových bází (str. 15)?

Čtvrtá kapitola popisuje zásady implementací vytvořených v diplomovém projektu. Tato část není dokumentace, spíše jen ideový nástin, či vodítko pro budoucího vývojáře. Kapitola obsahuje také poněkud neorganickou část „Detekce ArUco značek“, kde autor popisuje vlastní verzi algoritmu pro detekci referenčních značek. Tato implementace je zhruba 40× rychlejší než původní implementace a je i výrazně přesnější. Rychlou implementaci lze pokládat za původní přínos práce, ač jsou použity víceméně standardní metody.

K této kapitole mám tyto připomínky:

1. Podle mého názoru by vhodnější zpřesňující metodou byl Förstnerův detektor rohů [1], který je také iterativní, ale na rozdíl od Harrisova detektoru dosahuje velmi vysokou přesnost, která není tolik ovlivněna měřítkem (rozptylem) gaussovského filtru.
2. Popis detekce značek ArUco je značně nepřesný a nereprodukovatelný. Není jasné, co to je ‚světlé místo‘. Co se míní pojmem ‚invariantní‘? Není jasné, co znamená věta ‚z kódu [se] odhadne pozice vnějších rohů‘. Není jasné, co je ‚značka s id=1‘. Není jasné, jak se ‚pozice bodů odhadne z pohybu mezi dvěma posledními snímky‘.

Pátá kapitola se zabývá identifikací klíčových parametrů časování expozice a vyčítání obrazu z obrazového senzoru s elektronickou štěrbínovou závěrkou. Jde o klíčovou část diplomového projektu. Popisuje se několik pokusů, z nichž dva je možno považovat za neúspěšné a dva za úspěšné. Výsledkem je pravděpodobně poměrně přesné určení doby vyčítání řádku obrazu a ověření správnosti údaje o expoziční době, kterou poskytuje hardware zařízení. Zde diplomant odvedl velký kus experimentální práce, kterou nutno ocenit. Přinejmenším druhý z neúspěšných pokusů by však bylo možno realizovat lépe, s použitím barevných filtrů vyrovnávající citlivost senzoru, apod. Cíle práce však bylo dosaženo.

Ke kapitole mám tyto otázky a připomínky:

1. Jestliže jsou doba vyčítání a čas expozice hlavními identifikovatelnými parametry RS kamer, proč se tyto parametry nevyskytují ve formálním modelu (3.1) na str. 15?
2. Co se rozumí pod pojmem ‚vnitřní dioda‘ na str. 29? Proč je v obr. 5.1 deska s diodami vyfotografována zezadu? A aparatura zakrytá?
3. Jak byla deska diod realizována, jaké technické parametry měla a jakou funkcionalitu? Jaké LED byly použity? Jak byl LED panel umístěn vzhledem ke kameře? Jak byly určeny polohy LED v obrazu? Ovlivňovaly se při odečítání normalizačních dat LED diody navzájem, například odrazem světla od okolí?
4. Chybí vzorce pro korekci okolního osvětlení. Proč se pracovalo v blízkosti saturace senzoru a proč nebyla spektrální citlivost senzoru vyrovnána vhodným filtrem?
5. Co je výsledkem experimentu s rozsvěcením LED?
6. Jak byla identifikována kalibrační matice kamery v (5.2)? Závísí tato matice na zaostření?
7. Jaká derivace se počítá ve ‚druhé fázi‘ experimentu popsaného v kap. 5.2? Co se z této derivace počítá?
8. Jaké vzorce vedly k výsledkům uvedeným v tab. 5.4? Existují přinejmenším dvě možnosti postupu: průměrováním vstupních hodnot a následným odhadem parametru anebo odhadem parametrů pro každé měření a následným průměrováním.
9. Jak se mění velikost měřítka filtru (rozptylu gausiánu) v závislosti na rychlosti?
10. Proč není Algoritmus 1 popsán standardním matematickým jazykem? Takový popis by byl stručnější a přehlednější.
11. Neporozuměl jsem tomu, jak funguje simulace šířky čáry v kap. 5.3.2, chybí vzorce. Jde o převzorování obrazu? Proč se údaje z Matlabu předávají přes CSV do javovského programu a výsledky se následně předávají zpět do Matlabu?
12. Čtenáři by pomohl přesný argument, proč lze ve stroboskopickém pokusu kap. 5.2 dobu vyčtení řádku odhadnout jako poměr doby osvětlení a vertikální šířky pruhu v obrazu. Tento argument by nepochybně mělo být možno znázornit graficky.

Šestá kapitola popisuje experiment určení pozice (orientace?) kamery se štěrbinovou závěrkou. Porovnávají se výsledky několika algoritmů, se statickou scénou i pohyblivou scénou, s korekcí distorze způsobené závěrkou i bez ní. Diplomant si pro účely tohoto experimentu nasnímal vlastní testovací videa.

Ke kapitole mám tyto otázky a připomínky:

1. Co přesně znamená tvrzení, že nemožnost vyřešit R6P v planární scéně lze obejít přidáním druhé ArUco značky?
2. Není jasné, co přesně vypovídá tab. 6.2 o R6P.
3. Chybí vyhodnocení a diskuse k výsledkům R6P.

Krátká závěrečná kapitola shrnuje výsledky práce. Osobně bych pod pojmem ‚teoretická část práce‘ nerozuměl přehledový popis vybraných základních principů CCD a CMOS.

Překlepy, hrubé gramatické chyby a prohřešky vůči terminologii či stylu

- V celé práci: V českém textu nemůže být na konci řádku jednopísmenná předložka (v, o, u). V \LaTeX u možno použít filtr `vlna`, který vloží nezlomitelné mezery. Navzdory pokusu uvést přehled zkratk a akronymů, zůstává řada z nich nevysvětlena: Například GS kamera (str. 13). Pokud věta obsahuje číslice nula až devět, píše se všechny slovem (srv. ‚3 aplikace‘ na str. 17). Odkazy na vzorce se většinou uvádějí v závorce, například vzorec (4.2), aby je bylo možno odlišit od odkazů na kapitoly a jejich části, například část 4.2. Odkazy na vzorce zpravidla neděláme před uvedením těchto vzorců, zejména ne těsně před nimi (např. (5.1), (5.3)–(5.5)).
Často se stává i to, že v jednom odstavci se přeskakuje od tématu k tématu a zpět. Ukázkovým příkladem je první odstavec kap. 6.1.
- Str. 7: kihovny → knihovny.
- Str. 9: Domnívám se, že čočkám na čipu se říká mikročočky, nikoliv ‚miniaturní čočky‘. V první větě kap. 2.1 je zapomenutá čárka.
- Str. 13: quaternion → kvaternion.
- Str. 14: stereo vision → algoritmus stereoskopického párování, fotek → fotografií.
- Str. 15: Tylorova → Taylorova, iniciální → počáteční, za vzorcem (3.1) má být čárka a věta má pokračovat slovy ‚kde t je posun. . . ‘, a to bez odstavcové mezery.
- Str. 17: pořád → stále.
- Str. 19: První odstavec kapitoly 4.2 má zřejmě být ještě před záhlavím.
- Str. 20: HRD → HDR.
- Str. 21: SenzorManager → SensorManager, ‚je je‘ → je, odchyčení chyb → ošetření chyb.
- Str. 27: Název parametru exp není příliš šťastný, jak by vypadalo e^{exp} , které také možno napsat $\exp(exp)$? Domnívám se, že ve druhém sloupci tab. 5.1 má být uvedeno jiné rozlišení než 1920×1080 , pravděpodobně 5312×2988 . Rozlišení jsou nastaveny → Rozlišení jsou nastavena, OpenCv → OpenCV.
- Str. 28: focení fotografií → pořízení fotografií, variační koeficient → směrodatná odchylka.
- Str. 29: experiment probíhal ve dvou částech → experiment probíhal ve dvou fázích, data byly měřeny na panelu s deseti led diodami → data byla měřena na panelu s deseti LED diodami.
- Str. 30: ‚čísla [. . .] jsou určeny‘ → čísla [. . .] jsou určena.
- Str. 31: baterky → svítilny.
- Str. 32: Gaussovi funkce → Gaussovy funkce.
- Str. 35: jak přibližující se čára → než přibližující se čára.
- Str. 39: Lambert-Markvartova optimalizace → Levenberg-Marquardtova optimalizace.
- Str. 41: Věta ‚kamera byla zapřena ihned vedle objektivu‘ nedává smysl. Myslí se těsně vedle objektivu?
- Str. 45–46: Názvy prací nezachovávají velká písmena tam, kde se to očekává (např. cmos → CMOS, R6p → R6P, 3-d → 3-D).

Shrnutí Zadání diplomového úkolu bylo splněno. Diplomant se dobře vyrovnal s poměrně náročnou experimentální prací. Podstatně vylepšil stávající metodu detekce referenčního obrazce. K zásadnějším připomínkám patří to, že text předložené práce působí poněkud chaotickým dojmem. Mohl by být lépe strukturován, jak konstatováno výše a koncepty by mohly být přesněji vysvětleny, včetně vzorců pro výpočty popisované v textu. Experimenty měly být popsány tak, aby byly reprodukovatelné. Práce obsahuje větší množství překlepů a prohřešků proti stylu. Uvedené připomínky nemají zásadní vliv na význam výsledků práce. Práci doporučuji k obhajobě a navrhuji hodnocení stupněm **C – dobře**.

Reference

- [1] W. Förstner and E. Gülch. A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners and centres of circular features. In *Proceedings of the ISPRS Conference on Fast Processing of Photogrammetric Data*, pages 281–305, Interlaken, June 1987.

Doc. Dr. Techn. Ing. Radim Šára
katedra kybernetiky FEL ČVUT
26. 5. 2015