

OPTICAL TRACKING ULTRASONIC PROBE

Radoslav HUDEC, Master Degree Programme (5)
Dept. of Biomedical Engineering, FEEC, BUT
E-mail: xhudec07@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Zoltán Szabó

ABSTRACT

The presented paper is dealing with the design of a mathematical model for ultrasonic probe localization with camera system. The designed model will be used as a base model for an automated system based on optical metering of ultrasonic probe position and orientation. The presented paper is also describing calibration possibilities of the model.

The optical system will be tested with construction of two digital cameras and the results will be evaluated from the accuracy and computation time demand point of view.

The System is implemented under the Windows OS environment and realized in C++ programming language.

1 ÚVOD

K vytvoření třírozměrného obrazu lidského orgánu nebo nějaké části lidského těla je možné využít i ultrazvukovou sondu. Jejím výstupem je většinou dvourozměrný průřez orgánem. Pro získání třírozměrného obrazu je nutné mít k dispozici dostatečný počet snímků. Aby bylo zřejmé, jak jednotlivé obrazy skládat za sebe je též nezbytně nutné ke každému snímku znát polohu a orientaci měřicí sondy.

Sondu respektive sledovaný objekt lze lokalizovat za pomoci různých metod, jako je například akustické sledování, mechanické snímání, sledování na bázi vysokofrekvenčního elektromagnetického pole, optická lokalizace atd. Tento článek se zabývá optickým měřením za pomoci několika kamer.

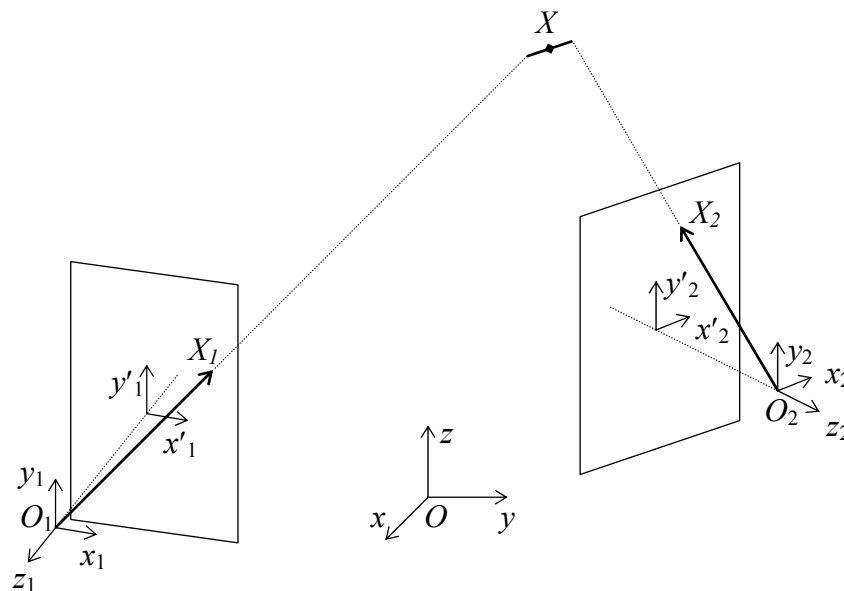
Pozice objektu je vyjádřena souřadnicemi třírozměrného souřadného systému, nejčastěji ortogonálního. Je-li k dispozici několik obrazů téže scény obsahující sledovaný objekt z několika kamer umístěných v různých místech, lze pak provést výpočet polohy objektu v prostoru. Ovšem za předpokladu, že jsou známy i pozice, natočení a další vlastnosti kamer.

Na sledovaný objekt je vhodné umístit speciální značku, která umožňuje jednoduché a jednoznačné rozpoznání objektu ve scéně a poté výpočtu jeho polohy. Značka slouží také k výpočtu orientace. Musí být umístěna tak, aby byla pokud možno viditelná při jakémkoli natočení objektu.

2 MATEMATICKÝ MODEL

Postup, při kterém jsou z několika obrazů vypočítány prostorové souřadnice objektu se nazývá rekonstrukce. K výpočtu polohy objektu v prostoru teoreticky stačí pouze jedna kamera. Směr objektu od kamery je určen souřadnicemi objektu v obraze, vzdálenost je pak určena velikostí objektu. Toto měření ovšem nedosahuje takové přesnosti jako měření s použitím dvou kamer (Obr. 1), při němž jsou známy směry ze dvou obrazů. Obecně lze použít více kamer. S počtem kamer roste předeterminovanost systému, toho se však využívá pro eliminaci nepřesností v měření.

Základním prvkem matematického modelu je kamera. Ta je popsána modelem kamery určujícího vlastnosti a parametry kamery. Parametry se dělí na vnější (extrinsické) a vnitřní (intrinsické). Mezi vnější parametry patří poloha kamery, která je dána třemi souřadnicemi v prostoru a dále natočení kamery, to je dáno třemi úhly, které odpovídají natočení ve třech základních směrech souřadného systému. Mezi vnitřní parametry náleží ohnisková vzdálenost, průnik zobrazovací roviny a optické osy a další parametry vyjadřující zkreslení obrazu jako je odchylka od ortogonality, zkreslení rozměrů digitalizací.



Obr. 1: Modely dvou kamer a rekonstrukce polohy bodu.

Rekonstrukce pak probíhá na základě těchto parametrů. Protože většinou parametry nejsou známy, je nutné provést tzv. kalibraci. Někdy ovšem mohou být intrinsické parametry udávány výrobcem a extrinsické lze přesně změřit nebo navrhnout.

3 KALIBRACE

Kalibrace systému je proces, pomocí něhož jsou získávány parametry kamer, jenž jsou nezbytně nutné k rekonstrukci. Existují dva přístupy – tzv. absolutní a relativní kalibrace.

Absolutní kalibrace je prováděna na základě jistého počtu tzv. kalibračních bodů, přičemž snímáním jsou známy jejich souřadnice v obrazech jednotlivých kamer a měřením

jsou zjištěny jejich absolutní souřadnice v souřadném systému scény. Pomocí určitého počtu takto změřených bodů lze potom stanovit tzv. projekční matici kamery. Projekční matice obsahuje v jisté formě intrinsické i extrinsické parametry. Na základě této matice lze pak provádět rekonstrukci.

Největší problém absolutní kalibrace je nutná znalost absolutních souřadnic kalibračních bodů. Tento problém řeší relativní kalibrace. V tomto případě postačí znát jen příslušné souřadnice bodů v obrazech kamer. Opět na základě určitého počtu bodů je možné zjistit parametry kamer. Za tuto výhodu se ovšem platí větší náročností výpočtu, protože se jedná o nelineární problém a také tím, že nelze zjistit měřítko. To znamená, že tímto způsobem nelze zjistit velikost scény. Ve většině případů to však není na závadu.

V obou případech platí, že při využití většího než minimálního počtu kalibračních bodů, lze provést eliminaci chyb a tím dosáhnout větší přesnosti.

4 AUTOMATIZOVANÝ SYSTÉM

Navrhovaný měřicí systém se bude skládat z minimálního počtu tří kamer. Počet a rozmístění kamer závisí na prostředí, ve kterém se objekt bude pohybovat. Je nutné zajistit, aby při zaclonění jedné nebo více kamer byl objekt neustále sledován dalšími alespoň dvěmi kamerami. Pro jednodušší kalibraci je vhodné umístit kamery tak, aby se nacházely v obrazech jiných kamer.

Jako nejvhodnější orientační značka se jeví seskupení několika LED pracujících v infračervené oblasti spektra. Hledání značky se pak za jistých okolností může zjednodušit na pouhé prahování obrazu. K rekonstrukci se může přistoupit až tehdy, jsou-li v obrazech rozpoznány odpovídající si body.

5 ZÁVĚR

Konkrétní návrh systému, počet a polohy kamer jsou náplní řešené diplomové práce. Nezbytnou součástí bude i zjištění rozlišení systému v závislosti na různých parametrech. Projekt je ve stádiu dokončení software, též je zpracován matematický výpočet odhadu chyby pro dvě kamery. Systém bude staticky odzkoušen pomocí digitálních fotoaparátů.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl podpořen Grantovou agenturou České republiky v rámci grantu GAČR 102/03/D030 Optický systém k měření pozice a orientace ultrazvukové sondy pro 3D zobrazení v kardiologii.

LITERATURA

- [1] Sojka, E.: Digitální zpracování a analýza obrazů. Ostrava, Vydavatelství TU Ostrava, 2000, ISBN 80-7078-746-5.
- [2] Hlaváč, V., Sedláček, M.: Zpracování signálu a obrazu. Praha, Vydavatelství ČVUT, 2001, ISBN 80-01-02114-9.
- [3] Šonka, M., Hlaváč, V., Boyle, R., Image Processing, Analysis, and Machine Vision. PWS Publishing, Pacific Grove, 1999, ISBN 80-200-0297-9.