

REAL-TIME HANDHELD 3D OPTICAL SCANNER

Filip Cír

Master Degree Programme, FIT BUT
E-mail: xcirfi00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Michal Španěl

E-mail: spanel@fit.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper deals with 3D reconstruction of objects from real-time video. Low-cost scanner setup is described composed of a single camera and a line laser whose position is fixed with respect to the camera. Set of image markers and a simple real-time detection algorithm are proposed. Detected markers are used to estimate position and orientation of the camera. Finally, laser detection and triangulation of points lying on object surface are discussed.

1. ÚVOD

V posledních letech dochází k výraznému rozvoji optického skenování. Optické skenování nachází uplatnění především v průmyslové výrobě pro odhalení výrobních vad výrobků.

Existuje mnoho přístupů k optickému skenování. V zásadě se dělí na aktivní a pasivní [1]. V případě pasivních skenerů se často jedná o princip stereoskopického vidění. U aktivního přístupu je na povrch snímaného objektu vysílán čárový laserový paprsek a na základě pokřivení tohoto paprsku lze zjistit tvar snímaného objektu. Tato práce vychází z principu triangulačního skeneru s jednou kamerou.

2. TRIANGULAČNÍ SKENER

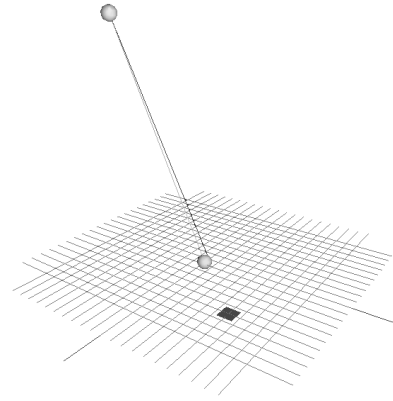
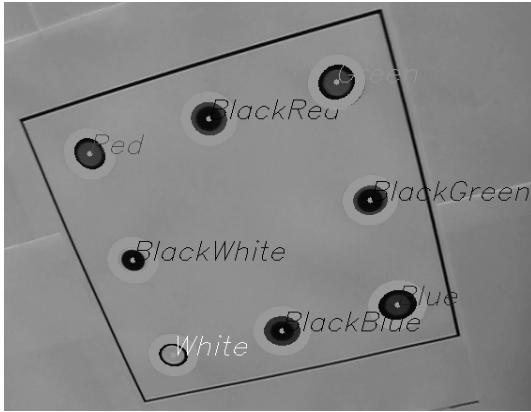
Triangulační skener je založen na znalosti polohy kamery, promítací roviny a z popisu roviny čárového laserového paprsku. Pořadí jednotlivých kroků u triangulačního skeneru je:

- kalibrace kamery a polohy laseru
- detekce podložky a výpočet polohy kamery
- detekce laseru a triangulace

Pro zjištění pozice kamery je třeba vytvořit vhodnou podložku se značkami, na kterou se skenovaný objekt položí. Znalost polohy těchto značek a znalost jejich reálných vzdáleností umožní výpočet pozice kamery. Důležitým údajem je ohnisková vzdálenost kamery. Ohniskovou vzdálenost lze zjistit kalibrací kamery pomocí funkce z knihovny OpenCV [2].

2.1. VÝPOČET POZICE KAMERY

Pro výpočet pozice kamery je nutné znát polohu nejméně 4 značek. Každá značka musí být jedinečná a jednoznačně identifikovatelná [3].



Obrázek 1: Podložka s detekovanými značkami **Obrázek 2:** Zobrazení pozice kamery

Počátek souřadného systému se položí na pozici kamery, osy systému budou ortogonální s pohledem kamery. Polohu značky na reálné podložce lze vyjádřit pomocí parametrické rovnice přímky procházející počátkem a značkou A na promítací rovině. Poloha reálné značky K tak bude vyjádřena:

$$K_X = x_A \cdot t_A; \quad K_Y = y_A \cdot t_A; \quad K_Z = f \cdot t_A \quad (1)$$

Kde x_A a y_A je poloha značky A na promítací rovině, f je ohnisková vzdálenost a t_A je koeficientem parametrické rovnice. Jednotkou x_A , y_A a f jsou pixely. Obdobně lze vyjádřit polohy ostatních značek. Zároveň jsou ale známé vzdálenosti značek na reálné podložce, lze tak vyjádřit polohu všech ostatních značek na reálné podložce v závislosti na pozici značky K . Necht' $|KL|$ je reálná vzdálenost bodů K a L , potom platí kvadratická rovnice:

$$(x_B^2 + y_B^2 + f^2) \cdot t_B^2 - 2 \cdot (x_A x_B + y_A y_B + f^2) \cdot t_A t_B + (x_A^2 + y_A^2 + f^2) \cdot t_A^2 = |KL|^2 \quad (2)$$

Proměnné x_B , y_B a t_B jsou koeficienty parametrické rovnice přímky, na které leží bod L podobně jako je to při výpočtu polohy bodu K v rovnici (1). Parametr t_B lze tedy vyjádřit v závislosti na t_A . Stejně lze v závislosti na parametru t_A vyjádřit polohu dalších značek. To umožňuje volbou jednoho parametru určovat polohy dalších bodů, z těchto bodů lze již snadno vypočítat obecnou rovnici roviny. Parametr t_A je třeba zvolit tak, aby vzdálenosti značek na vypočtené rovině co nejpřesněji odpovídaly reálným vzdálenostem na podložce. Na začátku t_A se hodnota parametru odhadne a půlením intervalů se pak dále zpřesňuje.

2.2. TRIANGULACE

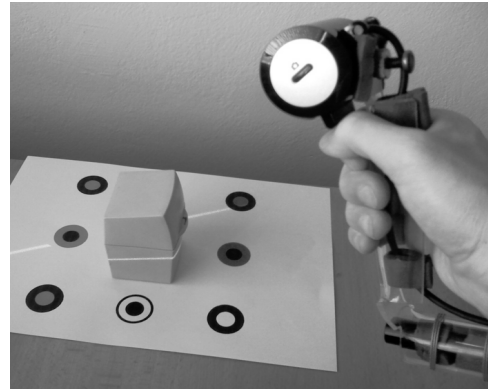
Souřadnice bodů na průmětně jsou v pixelech, ale pozice kamery je v metrech. Je proto nutné znát vztah pro převod z pixelů na milimetry. Z převedených hodnot již lze vypočítat 3D souřadnice bodů na průmětně vzhledem k podložce. Díky znalosti pozice kamery je možné těmito body a kamerou vést přímky a hledat průsečíky s rovinou laserového paprsku. Takto vypočtené průsečíky jsou hledané body ležící na povrchu tělesa.

2.3. VÝSLEDKY

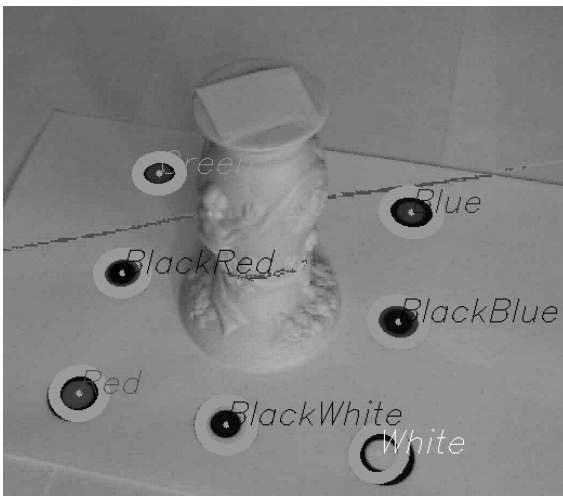
Ruční 3D optický skener se skládá s CCD kamery a čárového laseru připevněných na držáku. Držák vyrobil ing. Michal Španěl. Připojení k počítači je realizováno přes dva USB konektory. Jeden zajišťuje napájení laserového zdroje a druhý slouží pro připojení kamery.



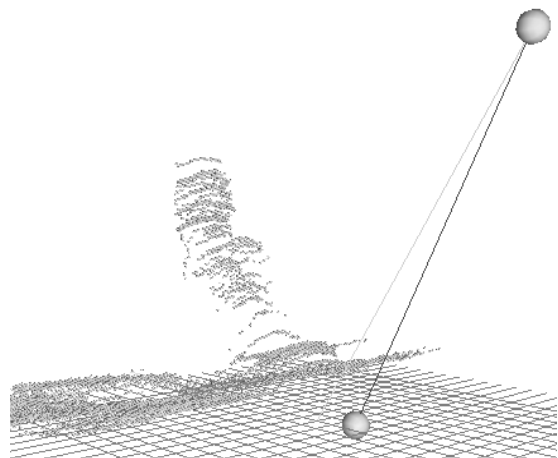
Obrázek 3: Ruční 3D skener



Obrázek 4: Ukázka práce se skenerem



Obrázek 5: Vstupní snímek



Obrázek 6: Real-time vizualizace

3. ZÁVĚR

Práce se zabývá real-time 3D optickým skenováním. Skener se skládá z jedné CCD kamery a čárového laseru. Problém 3D rekonstrukce je rozdělen do několika částí. Byl popsán algoritmus pro detekci podložky a výpočet polohy a orientace kamery v prostoru.

V současné době je již implementován algoritmus triangulace, detekce značek na podložce, kalibrace a zjištění pozice kamery. Je třeba dokončit algoritmus pro zjišťování sklonu laserového paprsku a je třeba vylepšit extrakci laserového paprsku, například pomocí GMM.

LITERATURA

- [1] Wikipedia - 3D scanner, 25. února 2008. Dokument dostupný na URL http://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanner (únor 2008).
- [2] OpenCV Wiki, 25. února 2008. Dokument dostupný na URL <http://opencvlibrary.sourceforge.net/> (únor 2008).
- [3] Schroering, M. A New Input Device for 3D Sketching. Dokument dostupný na URL <http://www.cs.wustl.edu/~cmg/content/papers/vi2003nid/vi2003nid.pdf> (únor 2008).