

Определение положения камеры и ее
фокусного расстояния по размерам
объекта и фотографии, сделанной
данной камерой
Курсовая работа

Канаева Екатерина
группа 344

руководитель: доцент Вахитов А.Т.

СПбГУ

27 мая 2014 г.

Введение

- ▶ Внешняя калибровка камеры - задача определения ориентации и расположения камеры в пространстве по изображению, полученному с ее помощью.
- ▶ Области применения:
 - ▶ картография
 - ▶ системы распознавания объектов
 - ▶ системы управления компьютером
 - ▶ системы управления роботами

Задача

С помощью координат объекта и его проекции на плоскость камеры определить положение камеры и фокусное расстояние.

Существующие решения

- ▶ С известным фокусным расстоянием:
 - ▶ Accurate non-iterative $O(n)$ solution to the PnP problem, F.Moreno-Noguer, V.Lepetit, P.Fau, 2007
- ▶ С неизвестным фокусным расстоянием:
 - ▶ A general solution to the P4P problem for camera with unknown focal length, M.Bujnak, Z.Kukelova, T.Pajdla, 2008
 - ▶ Accurate non-iterative $O(n)$ solution to the PnP problem + different focal lengths

Решение

- ▶ Вход: n 3D точек и их 2D проекции
- ▶ Переход к четырём контрольным точкам

$$p_i^w = \sum_{j=1}^4 a_{ij} c_j^w, \quad \sum_{j=1}^4 a_{ij} = 1$$

Решение

- ▶ Вход: n 3D точек и их 2D проекции
- ▶ Переход к четырем контрольным точкам

$$p_i^w = \sum_{j=1}^4 a_{ij} c_j^w, \quad \sum_{j=1}^4 a_{ij} = 1$$



$$p_i^c = \sum_{j=1}^4 a_{ij} c_j^c$$

Решение

- ▶ Связь между точками и проекциями

$$\forall i \quad w_i \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & u_c \\ 0 & f & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} p_i^c$$

Решение

- ▶ Связь между точками и проекциями

$$\forall i \quad w_i \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & u_c \\ 0 & f & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} p_i^c$$



$$\forall i \quad w_i \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & u_c \\ 0 & f & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \sum_{j=1}^4 a_{ij} \begin{bmatrix} x_j^c \\ y_j^c \\ z_j^c \end{bmatrix},$$

Решение

- ▶ Связь между точками и проекциями

$$\forall i \quad w_i \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & u_c \\ 0 & f & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} p_i^c$$



$$\forall i \quad w_i \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & u_c \\ 0 & f & v_c \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \sum_{j=1}^4 a_{ij} \begin{bmatrix} x_j^c \\ y_j^c \\ z_j^c \end{bmatrix},$$



$$MX = 0,$$

где

$$X = [fx_1, fy_1, z_1, fx_2, fy_2, z_2, fx_3, fy_3, z_3, fx_4, fy_4, z_4]^T$$

Решение

- ▶ Решение системы $MX = 0$

$$X = \sum_{i=1}^N \beta_i v_i, \text{ где } v_i \in \text{Ker}M, N = 1, 2, 3, 4$$

- ▶ Сохранение норм

$$\|c_i^c - c_j^c\|^2 = \|c_i^w - c_j^w\|^2$$

Решение

- ▶ Решение системы $MX = 0$

$$X = \sum_{i=1}^N \beta_i v_i, \text{ где } v_i \in \text{Ker}M, N = 1, 2, 3, 4$$

- ▶ Сохранение норм

$$\|c_i^c - c_j^c\|^2 = \|c_i^w - c_j^w\|^2$$



$$c_i^c = \sum_{i=1}^N \begin{bmatrix} \frac{\beta_i}{f} \\ \frac{\beta_i}{f} \\ \beta_i \end{bmatrix} v_i$$

Решение

- ▶ Решение системы $MX = 0$

$$X = \sum_{i=1}^N \beta_i v_i, \text{ где } v_i \in \text{Ker}M, N = 1, 2, 3, 4$$

- ▶ Сохранение норм

$$\|c_i^c - c_j^c\|^2 = \|c_i^w - c_j^w\|^2$$



$$c_i^c = \sum_{i=1}^N \begin{bmatrix} \frac{\beta_i}{f} \\ \frac{\beta_i}{f} \\ \beta_i \end{bmatrix} v_i$$



$$LB = R$$

Решение

- ▶ $N = 1$

$$\mathbf{B} = \left[\frac{\beta_1^2}{f^2} \quad \beta_1^2 \right]^T$$

- ▶ $N = 2$

$$\mathbf{B} = \left[\frac{\beta_1^2}{f^2} \quad \frac{\beta_1\beta_2}{f^2} \quad \frac{\beta_2^2}{f^2} \quad \beta_1^2 \quad \beta_1\beta_2 \quad \beta_2^2 \right]^T$$

- ▶ $N = 3, 4$

$$\mathbf{B} = [12 \times 1], \quad \mathbf{B} = [20 \times 1]$$

Решение

- ▶ $N = 1$

$$\mathbf{B} = \left[\begin{array}{cc} \frac{\beta_1^2}{f^2} & \beta_1^2 \end{array} \right]^T$$

- ▶ $N = 2$

$$\mathbf{B} = \left[\begin{array}{cccccc} \frac{\beta_1^2}{f^2} & \frac{\beta_1\beta_2}{f^2} & \frac{\beta_2^2}{f^2} & \beta_1^2 & \beta_1\beta_2 & \beta_2^2 \end{array} \right]^T$$

- ▶ $N = 3, 4$

$$\mathbf{B} = [12 \times 1], \quad \mathbf{B} = [20 \times 1]$$

- ▶ Дополнительные соотношения на β_i

$$\beta_1^2 \beta_2^2 = \beta_1\beta_2 \beta_1\beta_2$$

Решение

- ▶ Выбор оптимального N

$$\sum_{i=1}^n (\text{dist}(K[R|t] \begin{bmatrix} p_i^w \\ 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix}))^2 \rightarrow \min$$

Тестирование

► Идеальные входные данные

			Перебор фокуса		
R (%)	t (%)	time (s)	R (%)	t (%)	time (s)
0.0000	0.0000	0.3520	16.0337	31.3716	31.8870
0.0000	0.0000	0.4120	49.5379	88.8933	23.5500
0.0000	0.0000	0.3650	31.7488	46.1878	11.6540
0.0000	0.0000	0.4430	29.4942	14.7541	21.7830
0.0000	0.0000	0.4510	27.9484	29.6162	25.2660

► Зашумленные входные данные

			Перебор фокуса		
R (%)	t (%)	time (s)	R (%)	t (%)	time (s)
3.2805	0.4752	0.3220	38.4984	17.0079	24.2900
0.5020	0.2730	0.3020	61.6220	29.8757	20.6850
0.0417	0.1094	0.4650	14.5236	4.7447	13.7750
0.5558	0.1383	0.3170	9.8457	4.2736	13.6000
2.0432	2.5932	0.3030	24.3715	21.6652	17.6170

Результаты

- ▶ Реализована возможность определять положение камеры по пяти точкам и более
- ▶ В ходе вычислений находится фокусное расстояние
- ▶ Произведено тестирование и сравнение алгоритмом перебора