

Visão Computacional e Realidade Aumentada

Trabalho 2 – Calibração de Câmera

Pedro Sampaio Vieira

Prof. Marcelo Gattass

1 Introdução

O processo de calibração de câmera tem como objetivo, a partir de uma imagem ou de um vídeo, estimar os parâmetros intrínsecos e extrínsecos da câmera, tais como: distância focal, posição e orientação no espaço, etc. Desta forma, torna-se possível a inserção de qualquer modelo virtual em um ambiente real capturado pela câmera. Isso porque, com tais parâmetros definidos, podemos encontrar as matrizes de projeção que levam um ponto na coordenada do mundo para a coordenada tela, já que desconhecendo a posição e orientação da câmera não é possível realizar qualquer operação no espaço de câmera.

Para realizar esse mapeamento, primeiramente, é necessário transformar um ponto do espaço do mundo (X^m, Y^m, Z^m) para o espaço de câmera (X^c, Y^c, Z^c), onde tal transformação é dada pela composição de uma matriz de rotação R que alinha os eixos e uma matriz de translação T que iguala as origens, como é mostrado pela equação 1.

$$\begin{bmatrix} X^c \\ Y^c \\ Z^c \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} X^m \\ Y^m \\ Z^m \end{bmatrix} + T \quad (1)$$

O próximo passo é transformar o ponto do espaço de câmera para o espaço de tela (X_{im}, Y_{im}). Com base na distância focal (f), tamanho do pixel (s_x, s_y) e as coordenadas do centro da imagem (o_x, o_y), temos as equações 2 e 3 que realizam tal transformação. A origem do *frame* da câmera é o centro de projeção, e o eixo z é o eixo óptico.

$$X_{im} = -\frac{f X^c}{s_x Z^c} + o_x \quad (2)$$

$$Y_{im} = -\frac{f Y^c}{s_y Z^c} + o_y \quad (3)$$

2 Calibração de câmera

Para atingir o objetivo da calibração, faz-se necessário a utilização de padrões de calibração para o cálculo dos parâmetros da câmera. Um padrão de calibração possui uma geometria conhecida, onde suas medidas e sua posição no espaço também são conhecidas.

A precisão do método depende de uma boa confecção de tais padrões. Utilizar geometrias simples com alto contraste é determinante para se ter um bom resultado na calibração. A figura 1 mostra o padrão de calibração (um tabuleiro de xadrez) utilizado neste trabalho.

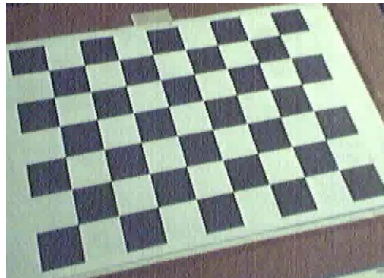


Figura 1: Padrão de calibração.

Com o padrão já estabelecido, utilizou-se um método de reconhecimento de cantos. Tal procedimento é necessário para identificar na imagem quais são os pontos referentes aos vértices de cada quadrado que compõe o tabuleiro de xadrez, como pode ser visto na figura 2a. Como sabemos que cada quadrado possui dimensões iguais, podemos atribuir empiricamente uma coordenada para cada um desses pontos, a fim de criar uma base para o processo de calibração. Por exemplo: tomando como base a figura 2a, olhamos para o ponto P_1 , e informamos que sua coordenada no mundo é $(1,1,0)$. Definindo que cada quadrado tenha uma dimensão 1×1 , podemos continuar identificando cada ponto com base nesse sistema de coordenadas, como mostra a figura 2b.

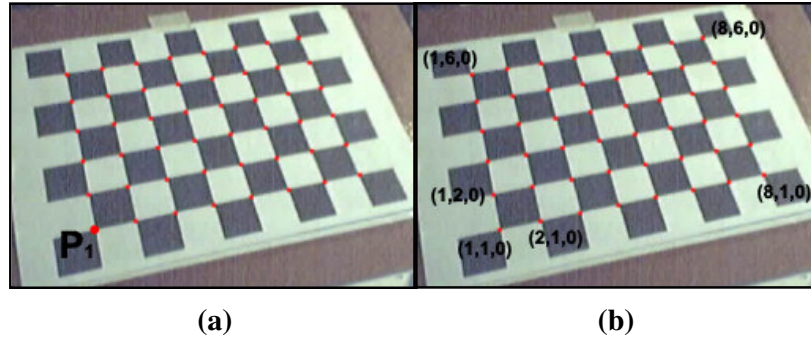


Figura 2: (a) Imagem do padrão com os cantos marcados; (b) Coordenadas do mundo identificadas.

Voltando as equações mencionadas anteriormente, pode-se escrever a equação 1 da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 X^c &= r_{11}X^w + r_{12}Y^w + r_{13}Z^w + T_x \\
 Y^c &= r_{21}X^w + r_{22}Y^w + r_{23}Z^w + T_y \\
 Z^c &= r_{31}X^w + r_{32}Y^w + r_{33}Z^w + T_z
 \end{aligned} \quad (4)$$

Define-se $f_x = f / s_x$ e $\alpha = s_y / s_x$, onde f_x é a distância focal em pixels na horizontal e α é o *aspect ratio*. Portanto, temos agora 4 parâmetros intrínsecos da câmera (o_x , o_y , f_x e α) independentes um do outro. Combinando as equações 4 com 2 e 4 com 3, temos:

$$X_{im} - o_x = -f_x \frac{r_{11}X_w + r_{12}Y_w + r_{13}Z_w + T_x}{r_{31}X_w + r_{32}Y_w + r_{33}Z_w + T_z} \quad (5)$$

$$Y_{im} - o_y = -f_y \frac{r_{21}X_w + r_{22}Y_w + r_{23}Z_w + T_y}{r_{31}X_w + r_{32}Y_w + r_{33}Z_w + T_z} \quad (6)$$

Nota-se que dessa forma as coordenadas da imagem podem ser obtidas diretamente com base nas coordenadas do mundo. Com os pontos de referência obtidos com base no padrão de calibração, pode-se tentar resolver as equações 5 e 6. E através de um método de decomposição de valores singulares (SVD) [3], o processo é finalizado.

O método de calibração utilizado nesse trabalho foi o Tsai2D [2, 4] que recebe como entrada esse conjunto de pontos de referência (no mínimo 8

pontos), e faz uma subdivisão dos mesmos para que novos pontos sejam criados. Com isso, já é possível estimar os parâmetros intrínsecos e extrínsecos da câmera, e a partir do centro da imagem encontrar as matrizes de projeção do OpenGL (*modelview* e *projection*) para inserir um objeto virtual numa cena real (como mostra a figura 3).

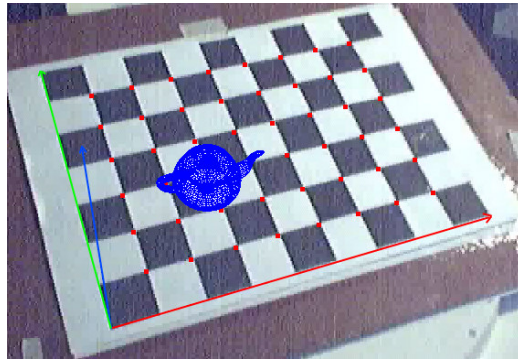


Figura 3: Objeto 3D inserido em uma cena real.

Referências

- [1] GATTASS, M. *Visão Computacional e Realidade Aumentada*. Disponível em <http://www.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/ra/ra.html>.

- [2] SZENBERG, F. *Acompanhamento de cenas com calibração automática de câmeras*. 2001. Tese de Doutorado. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.

- [3] TRUCCO, T; VERRI, A. **Introductory Techniques for 3-D Computer Vision**. New Jersey: Prentice Hall. 1998.

- [4] TSAI, R. Y. A Versatile Camera Calibration Techniaue for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-shelf TV Cameras and Lenses. **IEEE Journal of Robotics and Automation**, v.3, n.4, p.323-344, ago. 1987.