

# Éléments de géométrie projective et calibration de caméra

20/09/2017

## Introduction

Le but de ce TP est d'effectuer la calibration d'une caméra, c'est la technique permettant d'estimer les paramètres intrinsèques et extrinsèques d'une caméra. Pour cela nous allons étudier l'estimation de la méthode de Zhang.

## Étude de la publication de Zhang

Dans la publication de Zhang on peut distinguer six parties distinctes:

- La création d'une mire, à imprimer et placer sur une surface plane
- Prendre des photos de cette mire sous plusieurs angles avec la caméra à calibrer
- Déterminer la matrice d'homographie
- Estimer les paramètres intrinsèques et extrinsèques de la caméra
- Estimer les coefficients de distorsion radiale (qui est un type de distorsion de lentille)
- Affiner les résultats en minimisant

La plupart de ces étapes sont codées dans le fichier `zhang.sce`.

Les deux premiers points consistant en la création et l'analyse de la mire sont simulés via `povray`, nous n'avons donc pas de mire physique mais elle reste présente via la simulation. Les deux points suivants permettant de détecter les points d'intérêts et d'estimer les paramètres de la caméra sont explicitement codés dans le fichier.

Cependant les deux derniers points qui estiment les coefficients de distorsion et affinent les résultats sont absents.

### Code correspondant à l'homographie:

```
H = zeros(3, 3, ni);  
// Coordonnées de tous les points image  
m = zeros(3, np, ni);  
// Boucler pour toutes les images  
for i = 1:ni  
    // Lire les points de l'image  
    m(1:2,:,i) = read('points-'+string(i)+'.txt', -1, 2);  
    m(3,:,i) = ones(1, np);  
    // Estimer l'homographie entre la mire et l'image  
    H(:, :, i) = ZhangHomography(M(sansZ,:), m(:, :, i));  
    // Ajouter deux lignes de contraintes dans V  
    V = [V; ZhangConstraints(H(:, :, i))];  
end
```

### Code correspondant au calcul de la matrice intrinsèque:

```
A = IntrinsicMatrix(b);
```

### Code correspondant au calcul de la matrice extrinsèque:

```
E = zeros(3, 4, ni);  
for i = 1:ni  
    E(:, :, i) = ExtrinsicMatrix(iA, H(:, :, i));  
end
```

Dans le code fournit il faut ajouter les contraintes. Celles-ci sont, selon Zhang, obtenues en suivant cette formule:

$v_{ij} = [h_{i1}h_{j1}, h_{i1}h_{j2} + h_{i2}h_{j1}, h_{i2}h_{j2}, h_{i3}h_{j1} + h_{i1}h_{j3}, h_{i3}h_{j2} + h_{i2}h_{j3}, h_{i3}h_{j3}]$

Où  $h_i$  représente la  $i^{\text{ème}}$  colonne de la matrice d'homographie **H**.

Ces contraintes sont ensuite transformées en une matrice **b** qui va nous permettre de calculer les paramètres intrinsèques et extrinsèques de la caméra.

Nous allons maintenant voir ce qu'il faut ajouter afin de calculer la matrice des paramètres intrinsèques de la caméra.

## Estimation des paramètres intrinsèques

Les paramètres intrinsèques d'une caméra sont les paramètres qui lui sont internes. C'est à dire, les coordonnées de la projection de son centre optique sur le plan image de la lentille ( $u_0$  et  $v_0$ ), les facteurs d'agrandissements de l'image ( $\alpha$  et  $\beta$ ) et un paramètre d'orthogonalité des cellules ( $\gamma$ ).

Une fois que les contraintes sont calculées, nous allons calculer la matrice **A** correspondant aux paramètres intrinsèques de la caméra.

Cette matrice est construite de la façon suivante:

$$A = \begin{vmatrix} \alpha & \gamma & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Avec

$$v_0 = (B_{12}B_{13} - B_{11}B_{23}) / (B_{11}B_{22} - B_{12}^2)$$

$$\lambda = B_{33} - [B_{13}^2 + v_0(B_{12}B_{13} - B_{11}B_{23})] / B_{11}$$

$$\alpha = \sqrt{\lambda/B11}$$

$$\beta = \sqrt{\lambda B11/(B11 * B22 - B12^2)}$$

$$\gamma = -B12*\alpha^2 * \beta/\lambda$$

$$u0 = \gamma*v0/\beta - B13*\alpha^2/\lambda$$

Les valeurs B11/B12/...B33 se trouvent dans la matrice **b**.

Après toutes ces étapes nous obtenons la matrice A suivante:

$$\begin{vmatrix} 3498.2767 & -3.1310522 & 336.765882 \\ 0 & 3503.8946 & 220.1142 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

En regardant les valeurs données par le script de povray nous pouvons voir les valeurs suivante:

$$\begin{vmatrix} 3546.099291 & 0 & 320 \\ 0 & 3546.099291 & 240 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

On peut donc s'apercevoir que les valeurs estimées par la méthode de Zhang sont très proches de la réalité.

Nous allons maintenant nous intéresser à l'estimation des paramètres extrinsèques de la caméra.

## Estimation des paramètres extrinsèques

Les paramètres extrinsèques sont les paramètres externe à la caméra, c'est à dire ceux qui définissent sa position dans l'espace ainsi que son orientation. Afin d'estimer les paramètres extrinsèques de la caméra il nous faut calculer la matrice **E** composé d'une matrice de rotation  $[r1, r2, r3]$  et d'un vecteur de translation  $t$  telle que:

$$E = [r1, r2, r3, t]$$

Avec

$$r1 = \lambda A^{-1} h1$$

$$r2 = \lambda A^{-1} h2$$

$$r3 = r1 * r2$$

$$t = \lambda A^{-1} h3$$

$$\lambda = 1 / |A^{-1} h1|$$

Ceci nous donne les résultats suivants pour E

**Calculé pour l'image 1:**

|           |            |            |            |
|-----------|------------|------------|------------|
| 1         | 0.0009052  | -0.0006686 | -48.811553 |
| 0.0000377 | 0.9982951  | 0.0015769  | 54.733329  |
| 0.0006696 | -0.0015763 | 0.998295   | 9854.3628  |

**Résultats attendues pour l'image 1:**

Translation = (0,0,10000), Rotation = (0,0,0)

**Calculé pour l'image 2:**

|            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|
| 1          | 0.0010895  | 1.3838825  | -64.738878 |
| -0.0055728 | 1.4050536  | -0.0001778 | 61.520599  |
| -0.9849286 | -0.0008953 | 1.4050597  | 11096.77   |

**Résultats attendues pour l'image 2:**

Translation = (0,0,8000), Rotation = (0,0.785398,0)

**Calculé pour l'image 3:**

|            |           |            |            |
|------------|-----------|------------|------------|
| 1          | 0.1772564 | -0.0003859 | -44.486551 |
| -0.1761162 | 0.9984468 | -0.0005099 | 49.953712  |
| 0.0002875  | 0.0005609 | 1.0296646  | 9007.1931  |

**Résultats attendues pour l'image 3:**

Translation = (0,0,9000), Rotation = (0,0,-0.174532)

**Calculé pour l'image 4:**

|            |           |           |            |
|------------|-----------|-----------|------------|
| 1          | 0.0045336 | 0.0000411 | -143.86959 |
| 0.0000023  | 0.7020868 | 0.7143857 | 42.078164  |
| -0.0000609 | -0.714386 | 0.7020868 | 8872.4252  |

**Résultats attendues pour l'image 4:**

Translation = (-100,0,9000), Rotation = (-0.785398,0,0)

On peut donc voir que les valeurs des paramètres obtenues par la méthode de Zhang sont très proches des valeurs réels.

Si l'on prend comme exemple l'image 1, la translation est de  $(-48.81, 54.73, 9854.36)$  alors que les valeurs réels sont  $(0,0,10000)$  à cet ordre de grandeur, les deux première valeurs sont considérées comme proches. Concernant les valeurs de rotation, je n'ai pas réussi à faire le lien entre les valeurs prédites et les valeurs réelles.

## Conclusion

Durant ce TP nous avons pu étudier la publication et la méthode de Zhang concernant la calibration de caméra à partir d'une mire prise sous plusieurs angles. Cette étude nous a permis de mieux comprendre ce que sont les paramètres intrinsèques et extrinsèques et savoir les estimer de manière fiable.