

6

Calibrage d'images et stéréovision

Dans ce chapitre, nous présentons les différentes fonctions d'OpenCV permettant de calibrer une caméra, de calibrer un système de deux caméras et enfin de déterminer la position des objets relativement à la caméra en utilisant les algorithmes de stéréovision disponibles dans OpenCV.

Le programme, exposé dans ce chapitre, regroupe toutes ces fonctions et permet de :

- calibrer individuellement les caméras en utilisant une mire du type échiquier ou ChArUco pour atténuer la distorsion ;
- calibrer individuellement le système de stéréovision avec l'un des types de mires ;
- lancer l'un des deux algorithmes de stéréovision disponibles dans OpenCV ;
- visualiser la géométrie en 3D avec le module viz d'OpenCV (VTK est nécessaire).

Note > Dans ce chapitre, nous n'exposerons pas le programme de manière linéaire comme précédemment. Nous développerons uniquement les éléments nouveaux, en particulier les fonctions spécifiques au calibrage des échiquiers ou des mires ChArUco, les fonctions de calibrage d'un système de stéréovision, la rectification, les algorithmes de stéréovision et la visualisation tridimensionnelle avec le module Viz.

Exemple 6.1 : Codes sources dans le dossier *ch6Stereo*



6.1. Principe de la stéréovision

La mesure des distances des objets dans l'environnement peut se faire si on dispose de deux images de cet environnement prises à des positions différentes : on désigne cette technique par *stéréoscopie* ou *stéréovision*. Notre système de stéréovision sera doté de deux caméras : une à gauche et une à droite. Avant de mesurer ces distances, il faut calibrer le système de stéréovision. Le calibrage permet de mesurer le grandissement de chaque caméra ainsi que la position et l'orientation relative de chaque caméra. Le grandissement caractérise le système optique. La position et l'orientation permettent de connaître la distance entre les caméras et où ces caméras "regardent". La position et l'orientation sont définies dans le repère de la caméra gauche où l'origine du repère est le centre optique de la caméra, l'axe Z la profondeur, et les axes X et Y sont les axes de l'image.

Le calibrage comporte deux étapes : la première est le calibrage de chaque caméra afin de trouver le grandissement de la caméra et de corriger les distorsions optiques. La seconde étape est la localisation dans l'espace des caméras. Une propriété fondamentale d'un système de stéréovision est qu'un point de l'image gauche est situé dans l'image de droite sur une droite dite épipolaire. La localisation de cette droite est possible à partir du point de l'image gauche et du calibrage. L'opération dite de rectification des images permet de rendre horizontale la droite épipolaire. Un point dans l'image gauche sera à la même hauteur dans l'image droite. Cette technique simplifie l'algorithme de comparaison des images droite et gauche.

Les algorithmes de stéréovision disponibles dans OpenCV sont basés sur la corrélation des images : une petite image extraite de l'image gauche est comparée avec un ensemble de petites images extraites de l'image droite. Si ces images sont en correspondance on les apparie. Puisque les images droite et gauche sont rectifiées, l'ordonnée du centre de ces petites images est identique et seule l'abscisse change. La différence des abscisses est appelée la disparité. Plus la disparité est grande, plus la distance des objets est petite. Cette carte de disparité, résultat de l'algorithme de stéréovision, est aussi appelée carte des profondeurs. À partir de cette carte, on peut reconstituer la position des pixels visibles dans les deux images par le système de stéréovision.

6.2. Utilisation du programme

Le programme présente de nombreuses fonctionnalités qui sont accessibles à partir du clavier ou bien en modifiant le fichier de configuration.

Les commandes accessibles par le clavier sont les suivantes :

Touches	Fonction
O ou I	sélectionner une caméra
R	activer/désactiver le réglage des caméras
O, I, b, B,c, C, e, E,g, G et w (après activation du réglage)	réglage des caméras
a	afficher les images
b	effacer les grilles de données pour la calibration
c	calibrer la caméra active
d	capturer une grille du type échiquier pour l'image droite
D	capturer une grille du type ChArUco pour l'image droite

Touches	Fonction
e	enregistrer les images gauche et droite au format PNG
g	capturer une grille du type échiquier pour l'image gauche
G	capturer une grille du type ChArUco pour l'image gauche
l	afficher les droites épipolaires
o	visualiser le nuage de points composant l'image en utilisant Viz
O	visualiser la disparité en utilisant Viz
s	capturer une grille du type échiquier dans les images droite et gauche
S	capturer une grille du type ChArUco dans les images droite et gauche
t	activer/désactiver l'algorithme de stéréovision <i>Block Matching</i>
T	activer/désactiver l'algorithme de stéréovision <i>Semi-Global Block Matching</i>
u	corriger ou non les images de la distorsion seule, de la rectification seule ou de la distorsion et de la rectification
3	calibrer le système de stéréovision et calculer la rectification

Au premier lancement du programme, celui-ci recherche les caméras connectées et suppose par défaut que le système de stéréovision est relié sur les deux premiers ports USB indexés 0 et 1 par OpenCV. Si cela n'est pas le cas, il faut quitter le programme en appuyant sur la touche Echap et modifier le fichier de configuration config.yml. Par exemple, pour un ordinateur portable, les ports 0 et 1 sont utilisés par les caméras arrière et avant et le fichier de configuration peut contenir les lignes suivantes :

```
Cam0index: 0
Cam0Size: [ 1920, 1080 ]
typeCalib1: [ 14348, 14340, 14336 ]
Cam1index: 1
Cam1Size: [ 640, 480 ]
```

On change alors les valeurs de `Cam0index` et `Cam1index` en 2 et 3. De même, on peut changer les tailles des images qui doivent être identiques. Le fichier de configuration devient :

```
Cam0index: 2
Cam0Size: [ 640, 480 ]
typeCalib1: [ 14348, 14340, 14336 ]
Cam1index: 3
Cam1Size: [ 640, 480 ]
```

La caméra gauche du système de stéréovision est `Cam0index`. Si cela n'est pas le cas, il suffit d'inverser les deux valeurs de `Cam0index` et `Cam1index` pour corriger.

Une fois les caméras identifiées par le programme, il faut calibrer chaque caméra pour atténuer la distorsion. On présente une mire devant la caméra et on presse la touche g ou d pour la caméra gauche ou droite respectivement (G ou D pour la grille ChArUco). Pour réaliser une bonne calibration, il faut au moins dix mires par caméra et couvrir l'ensemble de la zone visible par la caméra. Il faut répartir équitablement les mires (ne pas prendre que les mires au centre de l'image par exemple) et faire varier l'angle de la mire à chaque position. Une fois les images des mires capturées, le calibrage se fait simplement en appuyant sur la touche c.

Une fois la distorsion des caméras droite et gauche corrigée, on peut calibrer le système de stéréovision. Il faut présenter la mire devant les deux caméras de telle sorte qu'elle soit complètement visible par les deux caméras (pour la mire ChArUco, le recouvrement peut être partiel). Il faut que la distance entre la mire et la caméra varie (prendre au moins quatre distances différentes) et pour une distance donnée, les images des mires doivent couvrir le champ commun aux deux caméras. Une fois les images des mires capturées, le calibrage du système de stéréovision se fait simplement en appuyant sur la touche 3. L'ensemble des données de calibrage est sauvegardé dans le fichier `config.yml`. Les données de ce fichier sont valides tant que la géométrie des caméras n'est pas modifiée.

Le calibrage du système de stéréovision étant terminé, on peut appliquer l'algorithme de stéréovision pour déterminer la distance de l'objet. Après avoir appuyé sur la touche t (Block Matching) ou T (Semi-Global Block Matching) la disparité calculée par l'algorithme est affichée.

Les positions des points dans l'espace sont calculées en utilisant la disparité et peuvent être visualisées (touche o).