

Calibración de la cámara

Objetivos

- Aprender a calibrar una cámara usando OpenCV.
- Aprender a usar la funcionalidad de OpenCV para el almacenamiento persistente de datos.
- Aprender a utilizar la información de calibración para corregir la distorsión de la lente.
- Aprender a leer y escribir fuentes de video.

Descripción

Obtención de los parámetros intrínsecos

La calibración de la cámara es un proceso por el cual vamos a obtener sus parámetros intrínsecos: f_x , f_y , c_x , c_y y los coeficientes de distorsión radial k_1 , k_2 y k_3 y tangencial p_1 y p_2 .

Para obtener estos parámetros necesitaremos utilizar un tablero con una cuadrícula tipo tablero de ajedrez, pero teniendo en cuenta que se necesita que la suma del número de columnas y el número de filas sea un número impar. Este tablero usará un tamaño de cuadro conocido que estará medido en las unidades del sistema de referencias requerido, normalmente en metros.

La calibración consistirá en obtener con la cámara varias vistas del tablero (unas nueve) y para cada vista realizar los pasos siguientes:

1. Detectar el tablero en una nueva vista con [cv::findChessboardCorners](#),
2. Si el tablero ha sido detectado, refinar las coordenadas de las esquinas detectadas con [cv::cornerSubPix](#).
3. Mostrar la imagen con las esquinas refinadas con [cv::drawChessboardCorners](#) y añadir las correspondencias de puntos 3D (del tablero) con puntos 2D detectados a los correspondientes vectores de puntos (ver [cv::calibrateCamera](#)).
4. Si no tenemos aún suficientes vistas ir al paso 1.
5. Finalmente utilizamos la función [cv::calibrateCamera](#) para obtener los parámetros intrínsecos de la cámara.

Para poder reutilizar estos parámetros, estos serán almacenados en un fichero. OpenCV ofrece la clase [cv::FileStorage](#) para realizar almacenamiento persistente de datos utilizando varios formatos como "YML", "XML" o "JSON" (ver Figura 1).

Los parámetros a almacenar los son los siguientes::

- etiqueta "image-width", es el ancho en píxeles de la cámara.
- etiqueta "image-height", es el alto en píxeles de la cámara.
- etiqueta "error", es el error de reproyección obtenido tras la calibración (ver [cv::calibrateCamera](#)).

- etiqueta “camera-matrix”, es la matriz de cámara obtenida (ver [cv::calibrateCamera](#)).
- etiqueta “distortion-coefficients”, son los coeficientes de distorsión de la cámara calculados (ver [cv::calibrateCamera](#)).

```
<?xml version="1.0"?>
<opencv_storage>
<image-width>640</image-width>
<image-height>480</image-height>
<error>4.9708777666091919e-01</error>
<camera-matrix type_id="opencv-matrix">
  <rows>3</rows>
  <cols>3</cols>
  <dt>d</dt>
  <data>
    7.0060538150740456e+02 0. 3.0061483122659320e+02 0.
    7.0196207376491157e+02 2.4340315362042497e+02 0. 0.
1.</data></camera-matrix>
<distortion-coefficients type_id="opencv-matrix">
  <rows>1</rows>
  <cols>5</cols>
  <dt>d</dt>
  <data>
    -3.7454525700360286e-02 1.5006129856671633e+00
    2.8095162947060466e-03 -1.1201988374681515e-02
    -6.2212485904451169e+00</data></distortion-coefficients>
<rvec type_id="opencv-matrix">
  <rows>3</rows>
  <cols>1</cols>
  <dt>d</dt>
  <data>
    0. 0. 0.</data></rvec>
<tvec type_id="opencv-matrix">
  <rows>3</rows>
  <cols>1</cols>
  <dt>d</dt>
  <data>
    0. 0. 0.</data></tvec>
</opencv_storage>
```

Figura 1: Ejemplo de fichero de calibración en formato “.xml”.

Normalmente suele ser interesante, para tener una evaluación visual de la calidad de la calibración realizada, mostrar los ejes 3D del sistema de referencias proyectados en cada una de las vistas en las que el patrón de calibración fue correctamente detectado. De esta

forma podemos comprobar visualmente la alineación de los ejes con el patrón (Ver Figura 2).



Figura 2. Ejemplos de proyección de los ejes 3D sobre vistas del patrón.

Obtención de los parámetros extrínsecos

Cuando tenemos más de una cámara para visualizar la escena, normalmente necesitaremos tenerlas relacionadas respecto a un sistema de coordenadas común WCS ("World Coordinate System").

Para ello debemos obtener los parámetros para convertir coordenadas WCS a CCS ("Camera Coordinate System"). Estos parámetros son los parámetros extrínsecos de la cámara y consisten en un vector de traslación y otro de rotación. Este proceso también se conoce como estimación de la "Pose" de la cámara.

OpenCV ofrece la función [cv::solvePnP\(\)](#) que utiliza los parámetros intrínsecos ya calculados previamente para obtener la "pose" dada una sola vista de un patrón de calibración. El proceso es similar: primero se buscará el patrón y se obtendrán las posiciones refinadas de las esquinas en coordenadas de imagen correspondientes a los puntos 3D del tablero y, posteriormente, obtener los vectores de traslación y rotación usando `cv::solvePnP()`.

Corrección de la distorsión producida por la lente

Una de las aplicaciones de los parámetros intrínsecos es corregir la distorsión provocada por la lente. Para ello utilizaremos la función [cv::undistort](#) (ver Figura 3).

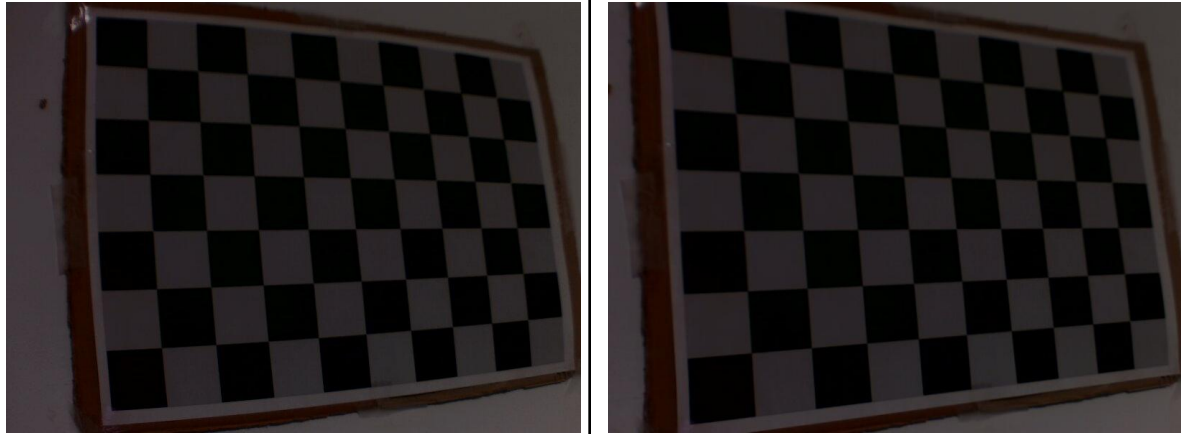


Figura 3: Ejemplo de imagen con distorsión (izquierda) y corregida (derecha).

Si vamos a corregir la distorsión en una fuente de video, para acelerar el proceso, es mejor primero crear los mapas para realizar la transformación ([cv::initUndistortRectifyMap\(\)](#)) una sola vez para todo el vídeo y después en cada “frame” capturado aplicar los mapas ([cv::remap\(\)](#)).

Para capturar desde una fuente de video usaremos la clase [cv::VideoCapture](#). Para crear un video donde almacenar el vídeo corregido usaremos la clase [cv::VideoWriter](#).

Hay que tener en cuenta que dependerá de cómo se haya compilado/instalado OpenCV el poder utilizar más o menos codecs de vídeo o capturar desde distinto hardware.

Evaluación

La evaluación de la práctica será la siguiente:

Concepto.	Puntos (hasta).
fsiv_generate_3d_calibration_points	1 (calibrate)
fsiv_find_chessboard_corners	3 (calibrate)
fsiv_calibrate_camera	1 (calibrate)
fsiv_compute_camera_pose	1 (calibrate)
fsiv_draw_axes	1 (calibrate)
fsiv_save_calibration_parameters	0.5 (calibrate)
fsiv_load_calibration_parameters	0.5 (undistort)
fsiv_undistort_image	1 (undistort)
fsiv_undistort_video_stream	1 (undistort)

(* La entrega fuera de plazo supondrá una penalización en la nota).

Recursos

OpenCV docs: <https://docs.opencv.org/3.4.15/>