

Una técnica para la calibración de cámara usando un patrón con anillos

Liz Lima

Universidad Católica San Pablo

Arequipa, Peru

liz.lima@ucsp.edu.pe

Josué Ttito

Universidad Católica San Pablo

Arequipa, Peru

josue.ttito@ucsp.edu.pe

Resumen—En el presente artículo presentamos la implementación de una técnica que permite obtener los parámetros de calibración de una cámara a partir del reconocimiento de patrones de anillos. La calibración de cámaras permite obtener información 3D a partir de información proporcionada por la cámara en 2D.

Index Terms—Calibración de cámara, patrones.

I. INTRODUCCIÓN

La calibración de las características intrínsecas de una cámara (distancia focal, punto principal y coeficientes de distorsión) es un problema fundamental en la visión por computador. Se necesita una cámara calibrada para realizar una reconstrucción métrica de una escena, de lo contrario sólo es posible una reconstrucción proyectiva. Algunas de las aplicaciones más interesantes de la visión por computador, como la localización y el mapeo simultáneos, la realidad aumentada y la reconstrucción en 3D, requieren una reconstrucción métrica de la escena. En la sección II se describe el proceso de obtención del fotograma, preprocesamiento del fotograma e identificación del patrón. En la sección III se describe el proceso de obtención de los parámetros intrínsecos de la cámara. Finalmente, en la sección IV se presentan los resultados obtenidos para el proceso de reconocimiento de patrones y obtención de parámetros intrínsecos de la cámara.

II. RECONOCIMIENTO DE PATRÓN

1. Obtención del fotograma.

El proceso de calibración de cámara comienza con la obtención del fotograma(frame rate). Un fotograma es cada una de la imágenes que conforman el video.

2. Pre-procesamiento cada fotograma

En la etapa de pre-procesamiento aplicaremos filtros para la eliminación del ruido.

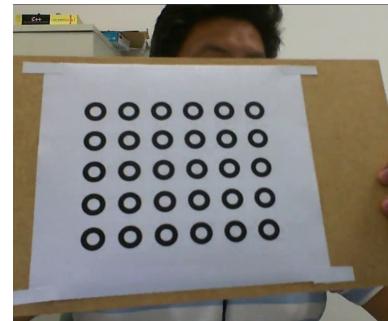


Figura 1. Imagen original

Etapas del pre-procesamiento:

- a) Escala de grises: El fotograma obtenido presenta un modelo de color de 3 canales (R, G y B) por lo que se tendría que trabajar con tres intensidades (valores distintos) de color. Para reducir el trabajo utilizaremos un solo canal donde se representa la intensidad según la escala de grises donde cada píxel tiene un único valor de 0 a 255.



Figura 2. Fotograma en escala de grises

- b) Eliminación del ruido: El fotograma puede contener algunos objetos que pueden parecer al patrón. Para esta etapa se hace uso del filtro *Gaussiano* lo que permite eliminar el ruido mediante el suavizado de la imagen, en Fig. 10 el área marcada con la etiqueta

”1” presenta un ejemplo un objeto similar a un círculo.

El área marcada con la etiqueta 2 presenta un ejemplo del patrón el cual presenta un ruido parecido al ruido sal y pimienta alrededor del anillo.

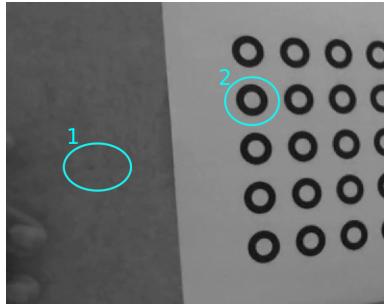


Figura 3. Fotograma en escala de grises

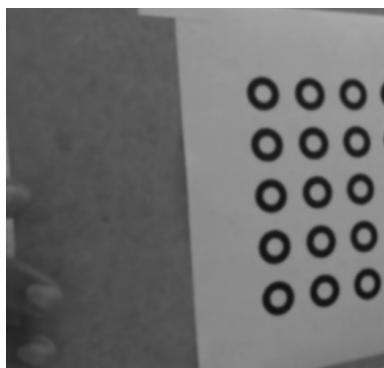


Figura 4. Aplicación de Filtro Gaussiano

3. Identificación de patrón

a) *Thresholding*: Para esta etapa utilizamos *Adaptive Threshold*. Los resultados obtenidos , a comparación de utilizar un *threshold* simple, es que el *Adaptive Threshold* tiene un mejor comportamiento con fotogramas que tiene un iluminación distinta en diferentes áreas.

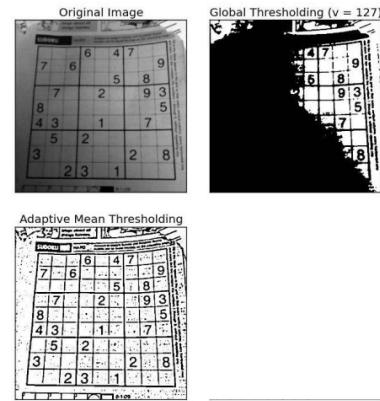


Figura 5. Ejemplo de *Threshold*. Fuente: <https://docs.opencv.org>

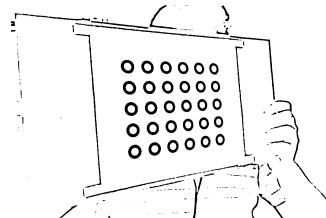


Figura 6. Aplicación de *Adaptive Threshold* a un fotograma.

b) Detención de bordes: Para identificar los bordes de los patrones utilizamos la librería *findContours* de OpenCV el cual nos devuelve un listado de los bordes correspondientes a los objetos presentes en la imagen.

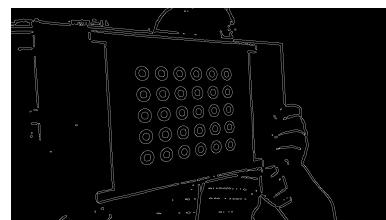


Figura 7. Aplicación de *findContours* al fotograma con *Adaptive threshold*.

c) Identificación de objetos: En la etapa anterior se obtuvo los bordes de los objetos presentes en el fotograma procesado. Para identificar el patrón de anillo nos basamos en los siguientes criterios los cuales permiten identificar objetos circulares y elipses.

1) Índice de circularidad: El índice de circularidad representa la forma del objeto mide que tan cerca de ser un círculo puede estar. Si el índice de circularidad

es alto es posible que el objeto analizado se asemeje a un círculo.

- 2) Otro criterio a considerar es que un borde(padre) contenga a otro borde(hijo). Los bordes que no son contenidos ni contienen otros bordes no será considerados.



Figura 8. Patrones identificados.

- d) Identificación de centros: Para identificar los centros de cada anillo se calcula el promedio entre los centros del borde padre y el centro del borde hijo. Los centros calculados serán utilizados como puntos de control [2].

4. Creación de la grilla

Después de la etapa de identificación del patrón de anillos debemos identificar y numerar los anillos.

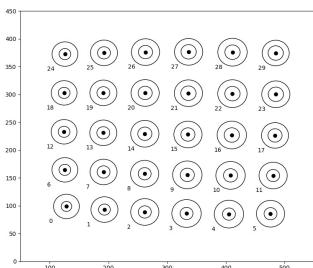


Figura 9. Modelo del patrón.

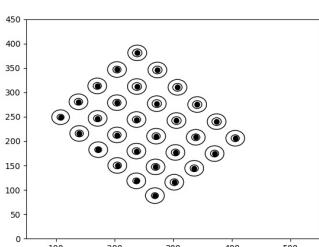


Figura 10. Modelo de patrón rotado.

- a) Obtener esquinas del patrón: Para determinar el orden de los centros , primero obtendremos las esquinas para ello utilizamos un método que nos permite agrupar todos lo centros obtenidos. Una vez agrupados , y como el patrón se asemeja a un rectángulo, podremos obtener los vértices del rectángulo. En la imagen (fig.11) se tiene los punto A, B, D y D que son los vértices del rectángulo del rectángulo.

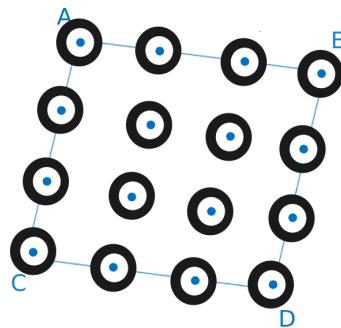


Figura 11. Rectángulo ABCD agrupa la nube de puntos.

- b) Ordenar los centros: Para determinar el orden de los centros haremos uso de la distancia entre los puntos y la recta que forman los vértices. Para obtener los parámetros de la recta, hallamos los valores de la ecuación de la recta que forman lo puntos A y B, por lo tanto nuestra primera fila esta conformada por lo vértices A y B. Para obtener los centros que se encuentran entre A y B calculamos la distancia de los puntos a dicha recta, las distancias con menor valor son las que corresponden a los centros (puntos) más próximos a la recta.

III. SELECCIÓN DE FRAMES PARA EL PROCESO DE CALIBRACIÓN

La obtención adecuada de frames, según las pruebas realizadas, esta relacionada al incremento o decremento del error de calibración. Para ello se considera los siguientes criterios en la selección de frames para la sección de calibración de la cámara(Parámetros de la cámara):

1. El tamaño del patrón ubicado en el frame no ocupa más del 50 % (promedio) del frame.
2. Se considera la rotación en los ejes X, Y y Z del patrón en el frame.

Procedimiento:

- Dividimos el área del frame en 9 cuadrantes y almacenamos la esquina superior izquierda como punto de referencia de cada cuadrante.

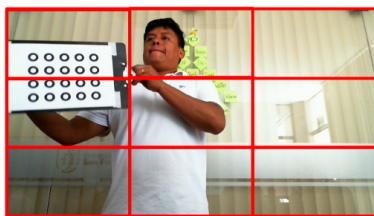


Figura 12. Dividir el área del frame en nueve cuadrantes.

- Para cada cuadrante calculamos la distancia entre el punto de referencia del cuadrante y el punto superior izquierdo del patrón.

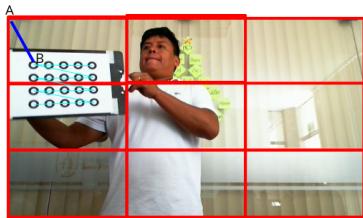


Figura 13. Distancia del punto A al punto B

- Evaluar la variación en x para las rectas verticales y variación en y de los rectas horizontales. Para este trabajo se considera que la variación, en ambos casos, no debe ser mayor a 3 de esta manera aseguramos que los centros se encuentran en la misma recta horizontal o vertical.

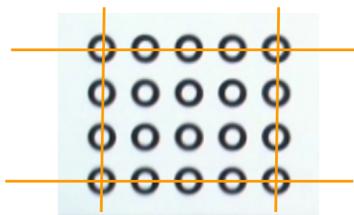


Figura 14.

IV. EN CADPARÁMETROS DE LA CÁMARA

Para poder realizar una proyección de objetos en 3D, es necesario conocer los parámetros intrínsecos de la cámara que se utilizaron en la obtención de imágenes. Estos parámetros son obtenidos en el proceso de calibración de cámaras. Este proceso , a través del uso

de imágenes obtenidas, estima los valores de parámetros intrínsecos los que definen las condiciones de formación de la imagen.

Según [1], dado un punto 2D determinado por $x = [x \ y \ 1]^T$ y su correspondiente punto en 3D determinado por $X = [X \ X \ Z \ 1]^T$ se establece la siguiente relación:

$$sx = A[R \ t]X$$

Y

$$A = \begin{bmatrix} fx & 0 & cx \\ 0 & fy & cy \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Donde A indica los parámetros intrínsecos. cx y cy representa el punto principal, fx y fy es la distancia focal. R y t representan los parámetros extrínsecos, R una matriz de rotación y t y un vector de traslación.

V. TRANSFORMACIÓN FRONTAL-PARALELA

Para obtener una mejora en el proceso de calibración de la cámara y disminuir el error se trabaja sobre imágenes sin distorsión. Para este proceso se utiliza la transformación Frontal-Paralela.



Figura 15. Frame del video.

La transformación frontal-paralela consiste en transformar las imágenes del patrón (fig. 15) a imágenes canónicas fronto-paralelas (fig. 16). Para obtener estas imágenes utilizamos los parámetros de calibración iniciales que permite quitar la distorsión de la imagen y así obtener una imagen canónica fronto-paralela. Para ello, luego de primera calibración de cámara, obtendremos la transformación canónica de la imagen.

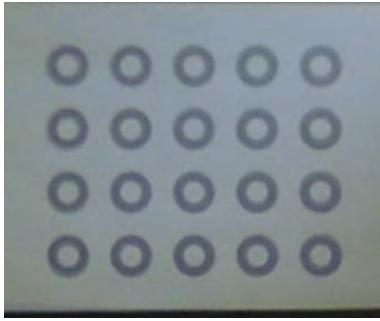


Figura 16. Imagen canónica fronto-paralela.

En la imagen canónica haremos la obtención de puntos aplicando primero el filtro de *threshold* para luego hacer uso del método *findCirclesGrid* con el fin de obtener los puntos de control(centros de cada círculo). Luego de haber obtenido los círculos hacemos una proyección inversa en la imagen inicial y realizamos nuevamente el proceso de calibración. Repetimos éste proceso hasta obtener una convergencia del error de calibración.

Data: Puntos de control usados para la calibración

Result: Mejora del error de calibración

while Δ error > 0 **do**

undistort y *unproject*;

 Localizar los puntos de control en la imagen canónica;

 Reprojectar los puntos en la imagen inicial;

 Calibración de cámara con los puntos de control obtenidos;

end

Algorithm 1: Transformación frontal-paralela

VI. RESULTADOS

1. Reconocimiento de padrón

Se ha realizado pruebas con 5 vídeos de los cuales 3 fueron grabados con el patrón de anillos 5 x 6 , 1 con 3 x 4 y 1 vídeo con 4 x 5.

La siguiente tabla muestra el resultado obtenido:

Video (.avi)	FPS	Dimensions	Circle Pattern	# frames	# Recognized frames	# Not recognized	Average (mill.)	%
PadronAnillos_01	15	1280 x 720	5 x 6	1249	1170	79	36.20640592	93.67
PadronAnillos_02	30	640 x 320	5 x 6	1963	1758	205	16.0215461	89.56
PadronAnillos_03	75	640 x 480	5 x 6	2726	2604	122	13.26624175	95.52
padron1	60	640 x 480	3 x 4	5971	4974	997	12.13423765	83.3
padron2	60	640 x 480	4 x 5	5143	4450	693	8.250598872	86.53

Figura 17. Tabla de resultados.

Prueba con un patrón de anillos 3 x 4. Índice de circularidad > 0,65 .

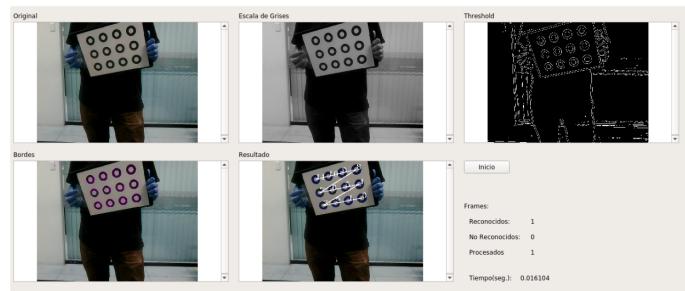


Figura 18. Patrón 3 x 4

Prueba con un patrón de anillos 3 x 4 . Índice de circularidad > 0,65

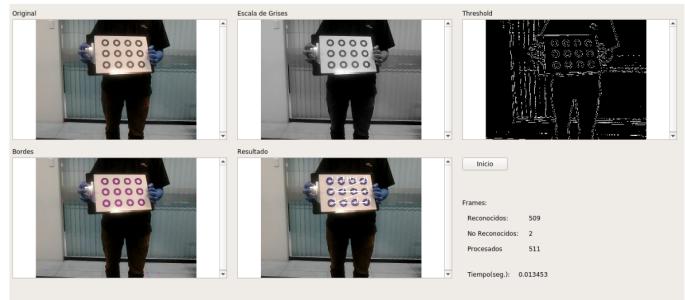


Figura 19. Patrón 3 x 4

Prueba con un patrón de anillos 3 x 4 inclinado. Índice de circularidad > 0,65

Al inclinar el patrón los círculos toma la forma de elipses los cuales son descartados por el índice de circularidad, por lo tanto no son reconocidos.

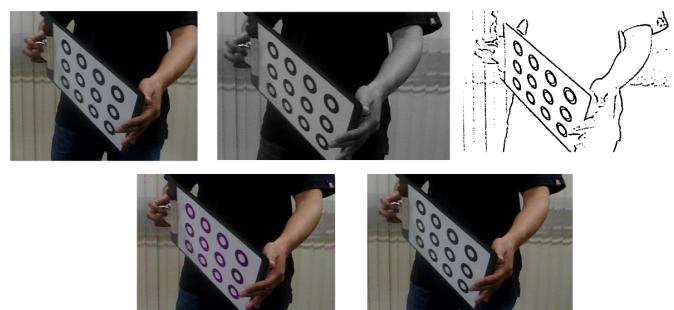


Figura 20. Resultados

Prueba con un patrón de anillos 3 x 4 inclinado. Índice de circularidad > 0,35

Al inclinar el patrón los círculos toma la forma de elipses al variar el valor del índice de circularidad el patrón es reconocido.

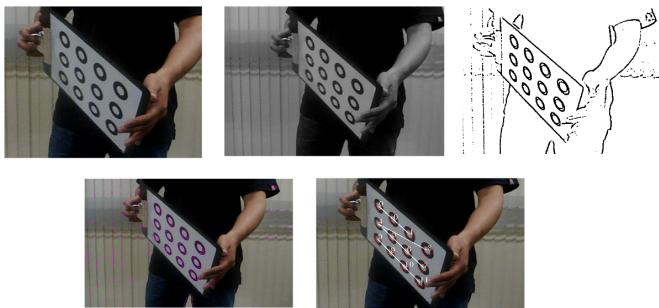


Figura 21. Patrón 3 x 4 inclinado

2. Parámetros de calibración y error de proyección

Las pruebas realizadas para la obtención del error de proyección se realizó con un patrón de anillos de dimensión 4 x 5.

Calibración inicial:

	Pattern	Reprojection error	Fx	Fy	Cx	CY	Distortion
Cam 1	Anillos	0.3951	762.862	763.581	338.458	224.176	-0.483719 0.549061 0.0060905 -0.00380015 -1.25465 -0.116966 0.493057
Cam 2	Anillos	0.218348	618.412	615.811	365.783	132.811	-0.110557 0.0131758 -0.636063

Proceso iterativo:

	Num iter	Reprojection error	Fx	Fy	Cx	CY
Cam 1	10	0.326947	766.418	767.304	328.222	224.722
	25	0.327643	766.561	767.401	330.745	224.02
	50	0.328716	767.267	768.199	329.075	224.171
Cam 2	10	0.195714	614.693	612.494	365.294	132.361
	25	0.195665	612.501	610.254	365.098	132.3
	50	0.195245	613.953	611.702	365.444	132.291

La implementación de la técnica y las instrucciones para la instalación en se encuentra: <https://github.com/joshjo/computer-vision/tree/master/CalibracionQt>.

REFERENCIAS

- [1] C. D. Prakash and L. J. Karam, "Camera calibration using adaptive segmentation and ellipse fitting for localizing control points," 2012 19th IEEE International Conference on Image Processing, Orlando, FL, 2012, pp. 341-344.
- [2] Datta, Ankur Kim, Jun-Sik Kanade, Takeo. (2009). Accurate Camera Calibration using Iterative Refinement of Control Points. 1201 - 1208. 10.1109/ICCVW.2009.5457474.
- [3] Asthana, Shubham . Enhanced Camera Calibration for Machine Vision using OpenCV."2014 International Journal of Artificial Intelligence. Volume 3.