

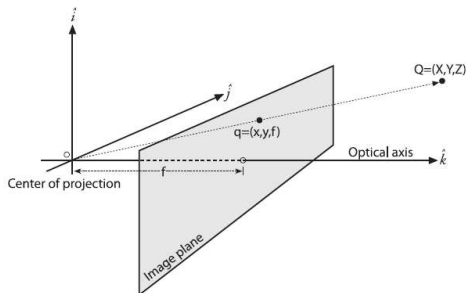
Calibración y rectificación

Jorge A. Sánchez
jsanchez@scdt.frc.utn.edu.ar



5 de Noviembre 2011

Parte I: Calibración



$$s\tilde{\mathbf{m}} = \mathbf{P}\tilde{\mathbf{M}} = \mathbf{K}(\mathbf{I} \mid \mathbf{0})\tilde{\mathbf{M}}$$

con $\tilde{\mathbf{m}} = (u \ v \ 1)^T$ y $\tilde{\mathbf{M}} = (X \ Y \ Z \ 1)^T$ las coordenadas homogéneas del punto en la imagen y el mundo respectivamente. \mathbf{I} es una matriz identidad de 3×3 y $\mathbf{0} = (0 \ 0 \ 0)^T$ el vector nulo.

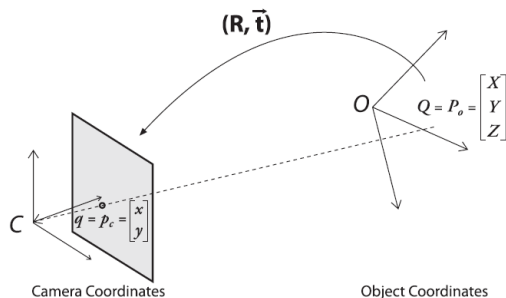
$$K = \begin{pmatrix} \alpha_x & \gamma & u_0 \\ 0 & \alpha_y & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$\alpha_x = fm_x$, $\alpha_y = fm_y$: factores de escala, con m_x en [pixels/mm] y f la distancia focal en [mm]

γ : parámetro de oblicuidad (*skewness*)

c_x, c_y : coordenadas del punto principal en [pixels]

\Rightarrow transforman las coordenadas 2D sobre el plano de la imagen (óptico) a coordenadas 2D en el sensor



$$s\tilde{\mathbf{m}} = P\tilde{\mathbf{M}} = K(R \mid \mathbf{t})\tilde{\mathbf{M}}$$

con $\mathbf{t} = (t_x \ t_y \ t_z)^T$ y R una matriz de rotación. Se cumple que $RR^T = I$, $R^{-1} = R^T$ y $|R| = 1$.

Distorsión radial: surge de la forma no parabólica del lente

$$x_r = x_u(1 + k_1r^2 + k_2r^4)$$

$$y_r = y_u(1 + k_1r^2 + k_2r^4)$$

Distorsión tangencial: surge durante el proceso de montaje del CCD en la cámara

$$x_t = x_u + 2p_1y_u + p_2(r^2 + 2x_u^2)$$

$$y_t = y_u + p_1(r^2 + 2y_u^2) + 2p_2x_u$$

en ambos casos $r^2 = x_u^2 + y_u^2$, con (x_u, y_u) las coordenadas sin distorsión. Incorporando las dos componentes de distorsión:

$$x_d = x_r + (x_t - x_u)$$

$$y_d = y_r + (y_t - y_u)$$

donde (x_d, y_d) son las coordenadas observadas en el plano de la imagen (distorsionadas).

Motivación:


- Inferir información geométrica 3D a partir de una imagen
- Compensar las distorsiones causadas por el uso de lentes
- En robótica: permitir la interacción con el mundo real

Métodos:

- Calibración fotométrica
- Auto-calibración
- **Calibración basada en planos**

Los métodos de calibración basados en planos¹ comprenden, en general, los siguientes aspectos:

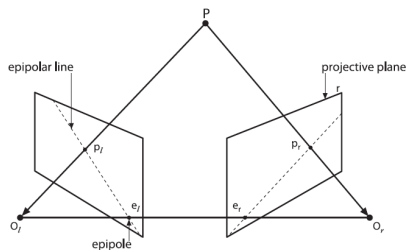
- La estimación de homografías H_n , $n = 1, \dots, N$ entre vistas de un plano y sus imágenes
- Derivar un conjunto de restricciones a partir de las H_n estimadas
- Obtener una solución en forma cerrada:
 - para el conjunto de parámetros intrínsecos
 - para el conjunto de parámetros extrínsecos
- Refinamiento no-lineal, incluyendo parámetros de distorsión

¹Z. Zhang. A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(11):1330-1334, 2000. 

Aspectos computacionales:

- ¿Cuántas vistas son necesarias?
- Normalización de coordenadas
- Estimación de R_n

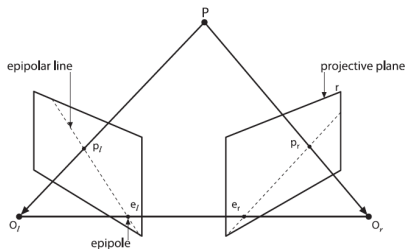
Parte II: Rectificación



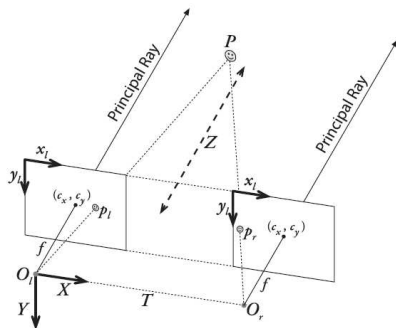
- *Línea base*: línea dada por O_l y O_r .
- *Plano epipolar*: plano que contiene a P y los centros de proyección O_l y O_r .
- *Línea epipolar*: intersección del plano epipolar (dado P) con el plano de la imagen.
- *Restricción epipolar*: dado un punto sobre una imagen, el correspondiente en la otra imagen se encuentra sobre la línea epipolar.

Rectificación

Geometría epipolar



Dado un punto sobre una de las imágenes, la búsqueda del correspondiente en la otra imagen se simplifica (de 2D a 1D) una vez que se conoce la geometría del sistema de cámaras.



Rectificación es el proceso de “transformar” el sistema de cámaras de forma tal que las líneas epipolares sean paralelas y horizontales en ambas imágenes. Adicionalmente, se requiere que puntos correspondientes tengan la misma coordenada y .

Caso calibrado:

- Se supone que las cámaras están calibradas, con sus parámetros extrínsecos referidos al mismo sistema de referencia.

El nuevo sistema de cámaras debe cumplir²:

- Los parámetros intrínsecos son los mismos para las dos cámaras.
- La orientación (matriz R) es la misma para las dos cámaras.
- El eje X de los nuevos sistemas de referencia se encuentra alineado con la línea base.

²A. Fusiello, E. Trucco, and A. Verri. A compact algorithm for rectification of stereo pairs. *Machine Vision and Applications*, 12(1):16-22, 2000. 