

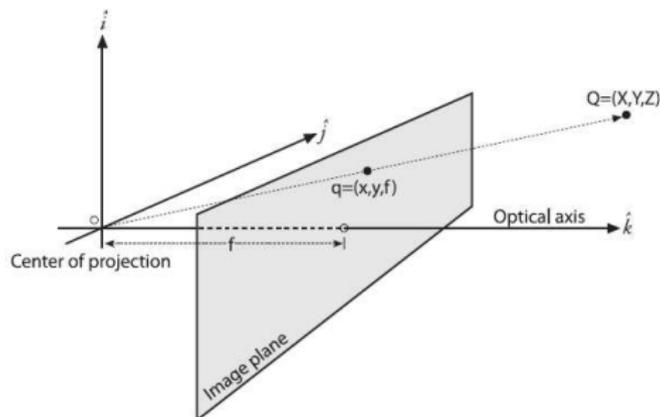
Calibración y rectificación

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.

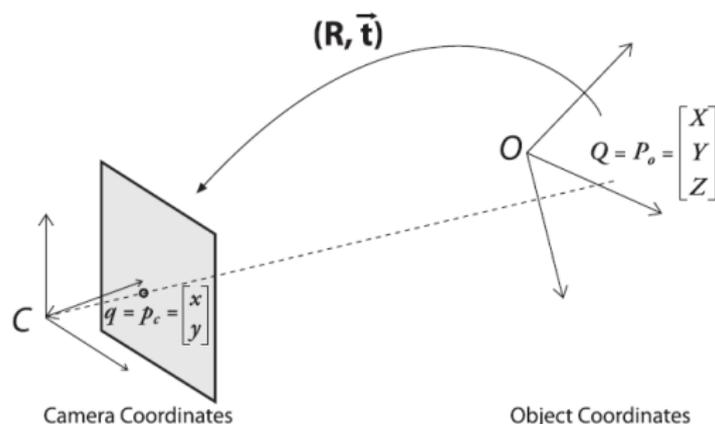
$$K = \begin{pmatrix} \alpha_x & \gamma & u_0 \\ 0 & \alpha_y & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$\alpha_x = fm_x$, $\alpha_y = fm_y$: 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



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

con $\bar{\mathbf{t}} = (t_x \ t_y \ t_z)^T$ 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. 

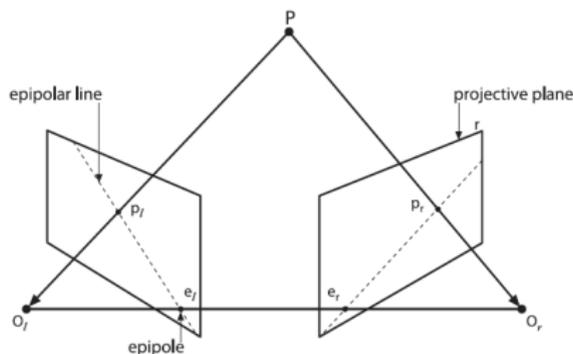
Aspectos computacionales:

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

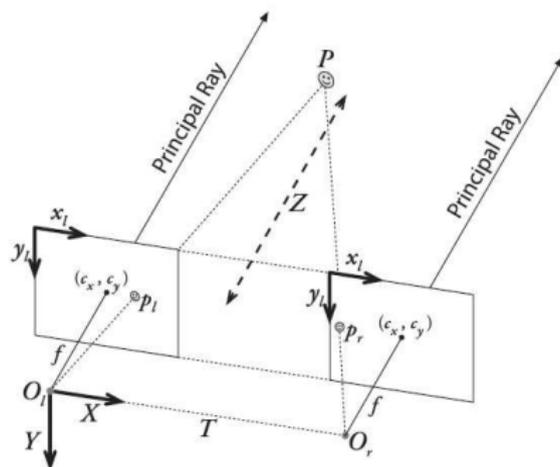
Parte II: Rectificación

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. 