

## 1 Realidad Aumentada con Marcadores

### 1.1 Detección y asociación simultánea

Antes de la propia detección del marcador el sistema, primero obtiene una *imagen de intensidad* (en escala de grises), por lo que si el formato de entrada es diferente, tal como RGB, la imagen es transformada utilizando técnicas conocidas (Digital Image Processing, técnica para rgb to grey)

La primera tarea necesaria para la detección de marcadores es encontrar los bordes de un posible marcador, para ellos se utilizan comúnmente dos enfoques, utilizar técnicas de thresholding sobre imágenes para detectar marcadores en la imagen binaria, o usar algoritmos de detección de bordes en escala de grises (73,74)

En el caso de ARToolKit, y normalmente, utilizan métodos de thresholding adaptativos para que sean eficientes frente a los cambios de iluminación (75)

Luego del thresholding el sistema tiene una imagen binaria que contiene los objetos y el fondo de la imagen original. En este paso todos los objetos detectados son posibles marcadores. Generalmente, el siguiente paso es realizar un proceso de labelling, de esta forma descartar objetos que claramente no son marcadores sea por forma o tamaño. En la siguiente etapa los bordes de los posibles marcadores son delimitados y sus posiciones utilizadas en técnicas de line fitting. Luego del line fitting el sistema realiza un nuevo chequeo sobre los candidatos analizando si poseen 4 líneas rectas y 4 esquinas cada uno. Finalmente, se optimiza la localización de las esquinas a nivel de sub-píxeles

### 1.2 asd

A la hora de determinar que objeto detectado es un marcador válido y cual no, los sistemas de realidad aumentada, en su mayoría, utilizan criterios simples de rápida aceptación de esta manera, al apuntar a aplicaciones en tiempo real, se trata de disminuir el costo computacional de la detección de los marcadores.

El sistema debe ignorar aquellas áreas que consisten de pocos píxeles, ya que aunque en esa área exista un marcador válido, el tamaño y la distancia a la cámara del mismo dificultaría el cálculo de su pose con alguna fidelidad válida. Adicionalmente utilizando este enfoque el sistema debe prestar atención de no eliminar áreas que pertenezcan al interior de algún marcador útil y válido

**Marker pose** La pose de un objeto está determinada por su localización y su orientación. La posición se puede representar mediante tres coordenadas de traslación y su orientación mediante tres ángulos de rotación. Por lo tanto, una pose tiene 6 grados de libertad (6 DOF).

La pose de una cámara calibrada puede ser calculada de manera única mediante un mínimo de 4 puntos (coplanar but non-collinear) (72). Por lo tanto un sistema puede calcular la pose del marcador utilizando las 4 esquinas del mismo (pdf S3)

Otro detalle a considerar a la hora de calcular la matriz de la camara, es la presencia de tres sistemas de coordenadas, el proyectado en la imagen de la camara (2D), y los sistemas 3D de la camara y el marcador.

*Camera transformation* Los sistemas de coordenadas de la camara y del marcador diferente entre si por la rotacion y la traslacion. La relacion entre ambos puede ser descripta como:

$$\begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & T_1 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & T_2 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & T_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix} = T_{CM} * \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \\ 1 \end{bmatrix}$$

Donde  $T_{CM}$  es la matriz de pose o la matriz de transformacin de la camara, la cual se utiliza para determinar la posicin del objeto a aumentar con respecto en el sistemas de coordenadas de la camara. Los valores de  $T_i$  corresponden al vector de traslacion, mientras que los nueve restantes  $R_{ij}$  son parametros obtenidos a partir de las 3 coordenadas de rotacin. Esta operacin se realiza en cada frame donde un marcador es detectado.

La relacion entre las coordenadas de la imagen de la camara y y las coordenadas de la camara esta definida por:

$$\begin{bmatrix} hX_1 \\ hY_1 \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & 0 \\ 0 & P_{22} & P_{23} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \\ 1 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \\ 1 \end{bmatrix}$$

donde  $P$  se denomina *intrinsic camera parameters*, la cual es camara dependiente. En el caso de ARToolKit esta misma esta definida como:

$$\begin{bmatrix} s_x f & 0 & x_0 & 0 \\ 0 & s_y f & y_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

donde  $f$  es la longitud focal de la camara,  $s_x$  el factor de escala en el eje  $x$ ,  $s_y$  el factor de escala en el eje  $y$  y por ltimo  $(x_0, y_0)$  es la posicin donde el eje  $z$  del sistema de coordenadas de la camara *frame passes*

### 1.3 Pose calculation

Dada las caracteristicas de las camaras modernas, podemos asumir que la distorsion puede ser separada del modelo de la camara. Aquellos puntos que pertenecen a las coordenadas sin distorsion