

Aplicaciones de realidad aumentada en un iPad

Dr. Luis Gerardo de la Fraga

Cinvestav, Computer Science Department
Av. IPN 2508, 07360 Mexico, D.F., México
E-mail: fraga@cs.cinvestav.mx

Noviembre 17, 2016

Contenido de la charla

1. Introducción
2. Marcadores de referencia
3. Cómo detectar un marcador
4. Cómo usar los marcadores de referencia para dibujar un objeto virtual sobre de él
5. Se mostrarán las tres aplicaciones de realidad aumentada realizadas
6. Conclusiones

Introducción

- ▶ Creamos tres aplicaciones de realidad aumentada para un iPad
- ▶ La **realidad aumentada** superpone objetos virtuales sobre imágenes del mundo real en tiempo real.

IEEE Computer, July 2012. What's real about Augmented reality?

Realidad aumentada

- ▶ La realidad aumentada nos permite superponer imágenes generadas por computadora sobre ambientes pertenecientes al mundo real.
- ▶ Este proceso proporciona a los usuarios la interacción con contenidos digitales a través de la manipulación de objetos reales, o bien, complementa el mundo real mediante objetos virtuales, creando la sensación de que el ambiente ha sido aumentado.

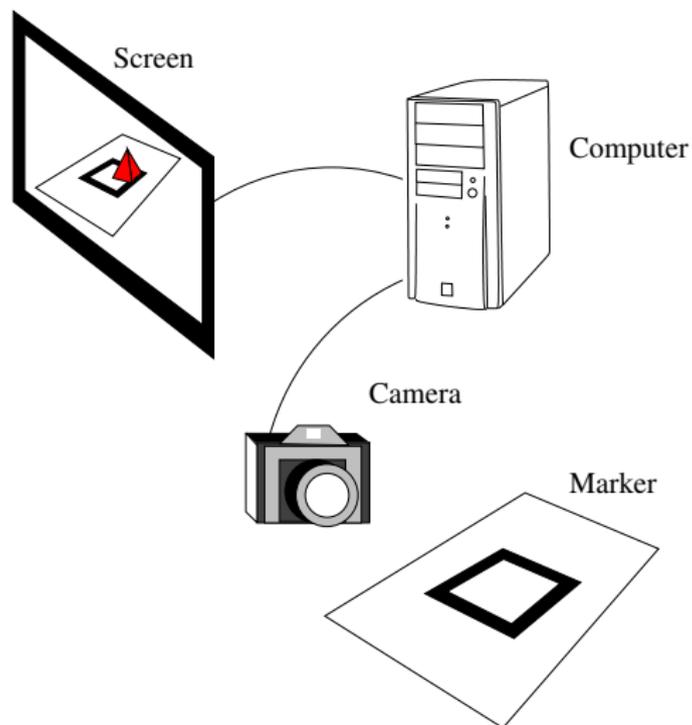
IEEE Computer, July 2012. What's real about Augmented reality?

Tipos de realidad aumentada

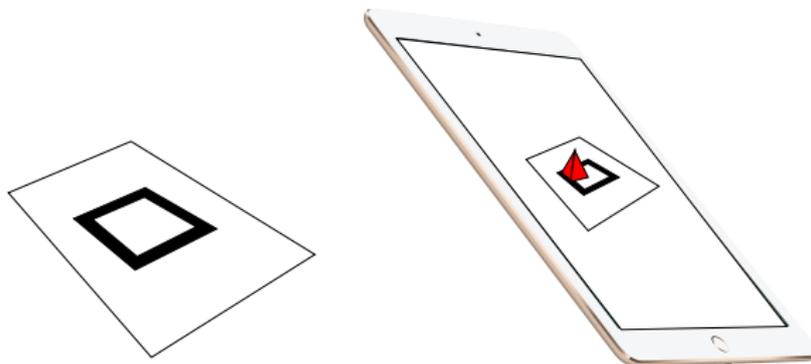
1. Adición de contenidos digitales
2. Adición de objetos virtuales

Aunque (1) es teóricamente posible, existen mejores formas de localizar objetos para desplegar contenidos digitales, por ejemplo, en redes WIFI [IEEE Signal Processing Magazine 22 (4) (2005)]

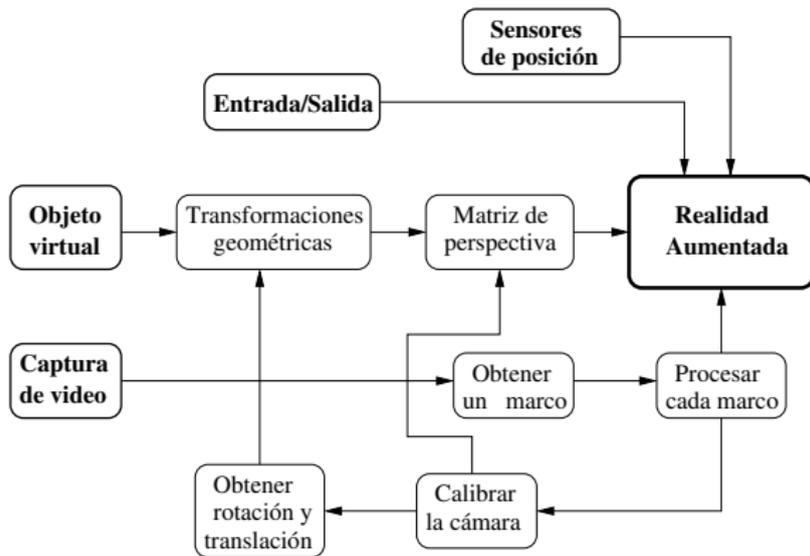
Un sistema para realidad aumentada



Realidad aumentada usando el iPad



Realidad aumentada

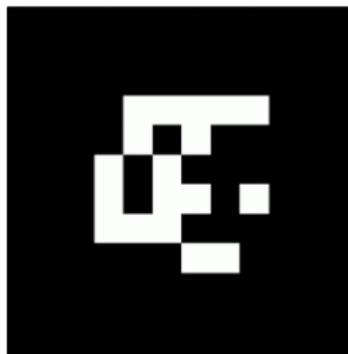


Marcadores de referencia

- ▶ Usamos los marcadores para calibrar la cámara, también
- ▶ para referenciar el sistema de coordenadas donde se inserta el objeto virtual en la escena.
- ▶ Usamos dos tipos de marcadores fiduciales: marcadores de plantilla y marcadores de identificación



(a) Marcador de plantilla



(b) Marcadores de identificación

Primer paso: identificar un marcador

Se usan técnicas de procesamiento de imagen para realizar este paso:

1. Se segmenta cada marco de video
2. Se extraen y etiquetan todas las componentes conectadas
3. Se encuentra un vértice y a partir de éste los otros tres vértices
4. Se ajusta cada arista a una línea usando el Análisis de Componentes Principales (ACP)
5. Se extrae entonces la imagen central del marcador

- ▶ Aunque podríamos haber usado la biblioteca ARToolKitPlus, creamos que no está bien documentada, entonces
- ▶ creamos una nueva biblioteca simplificada, solo para el iPad, y ahora está disponible públicamente

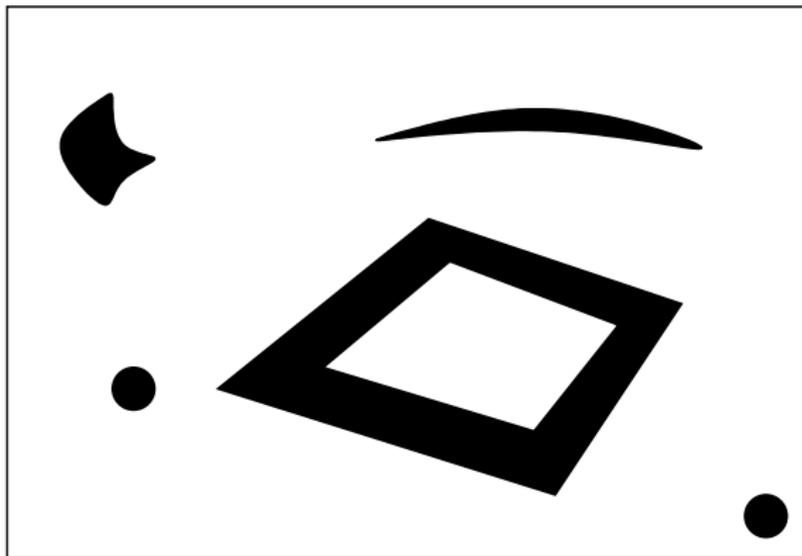
<http://cs.cinvestav.mx/~fraga/Softwarelibre/VisioniPad.zip>

Segmentación

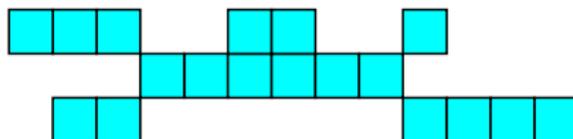
- ▶ La imagen de color de entrada se cambia a tonos de gris:
 $(r + g + b)/3$.
- ▶ Después se aplica un nivel de umbral global para generar una imagen binaria:

$$b(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{si } g(x, y) > u, \\ 0, & \text{de otro modo.} \end{cases}$$

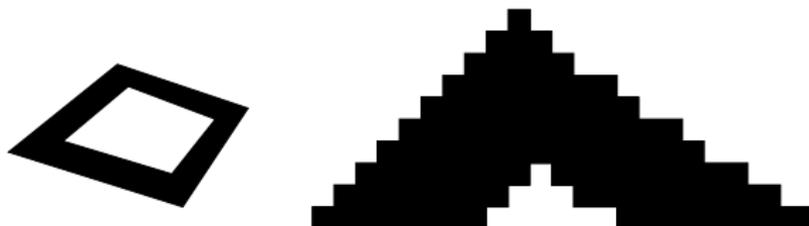
Se extraen y etiquetan todas las componentes conectadas
(1/3)



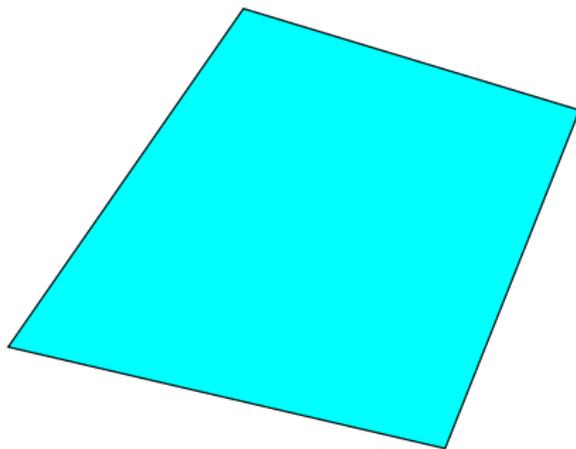
Se extraen y etiquetan todas las componentes conectadas
(2/3)



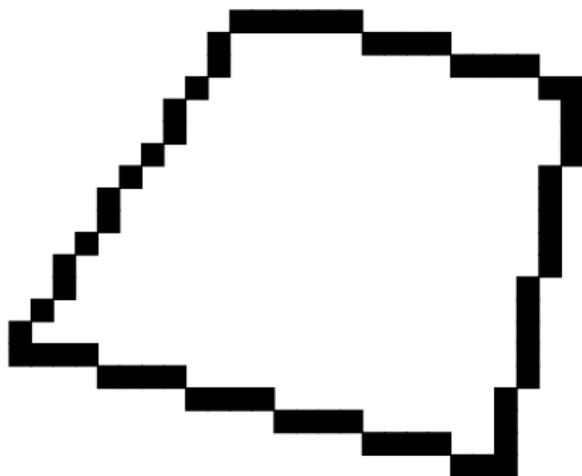
Se extraen y etiquetan todas las componentes conectadas
(2/3)



Se extraen los contornos de la mayor componente conectada



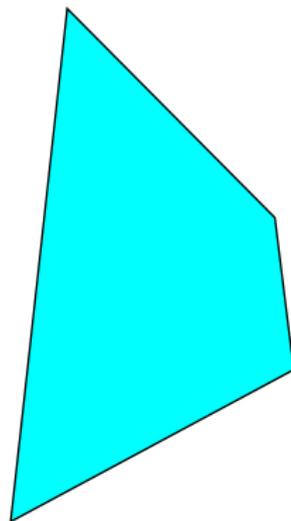
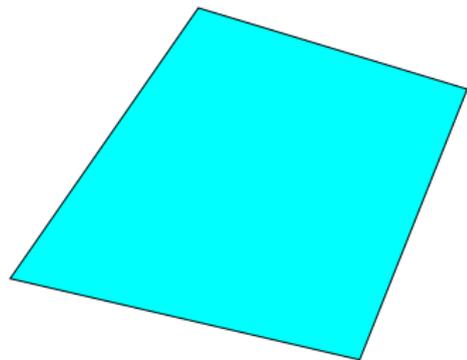
El cortorno está formado por píxeles

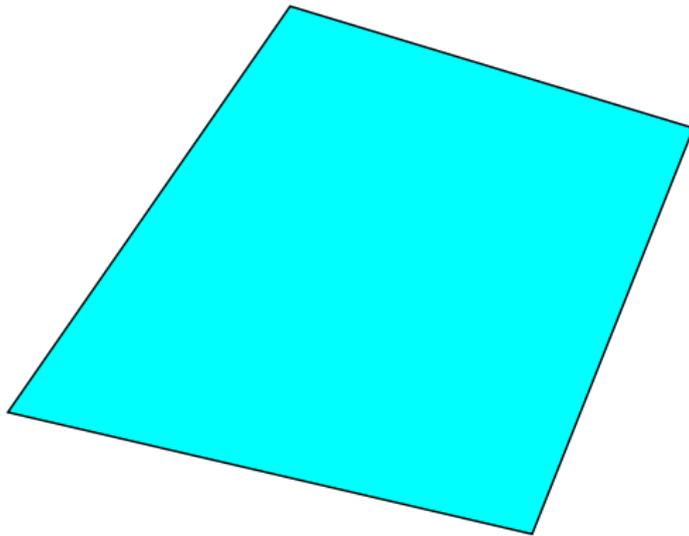


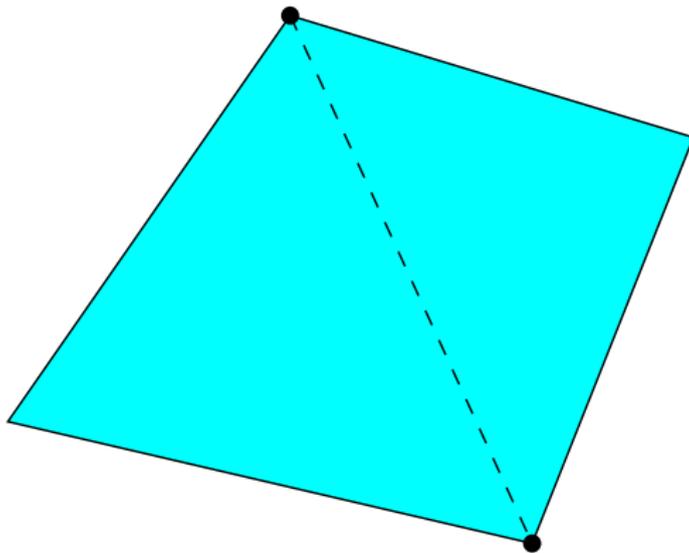
Ahora se necesitan detectar las cuatro esquinas.

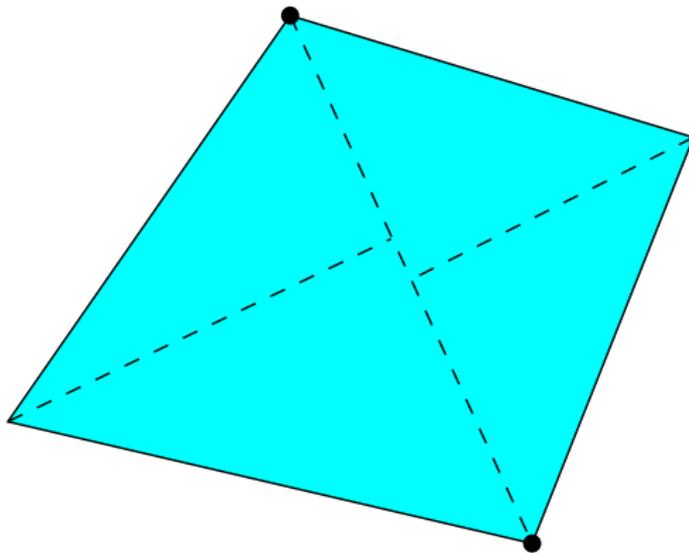
Algoritmo para detectar las esquinas

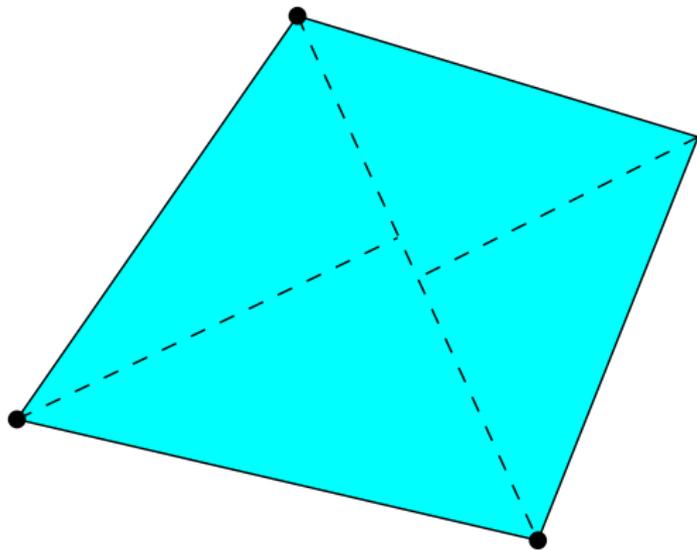
- ▶ Se comienza con el primer punto encontrado en el contorno,
- ▶ después de identifica el punto más lejado, éste punto será el primer vértice.
- ▶ El segundo vértice será el vértice opuesto al primer vértice o está conectado con una arista al primer vértice,
- ▶ entonces para encontrar el resto de los vértices, se necesita maximizar el largo de dos líneas perpendiculares que están entre los dos vértices ya encontrados y el contorno. La línea más larga determina el tercer vértice.
- ▶ Pero si los dos primeros vértices encontrados están directamente conectados con una arista, se debe crear un punto intermedio a la línea paralela al marcador y se aplica de nuevo el paso anterior.
- ▶ Se aplican recursivamente los dos últimos pasos para encontrar todos los vértices del contorno.

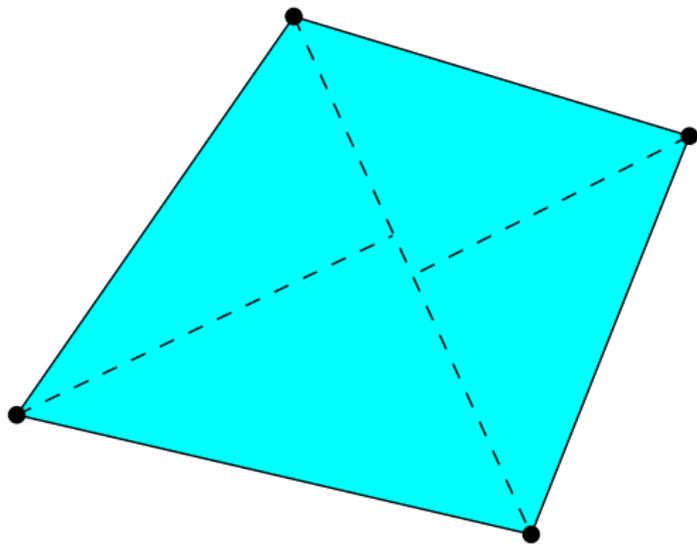


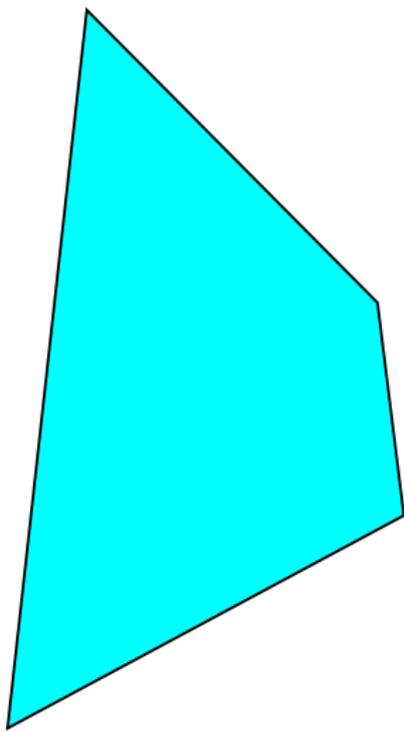


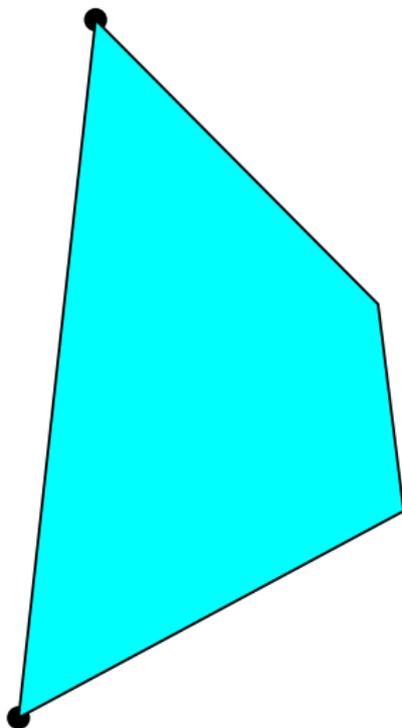


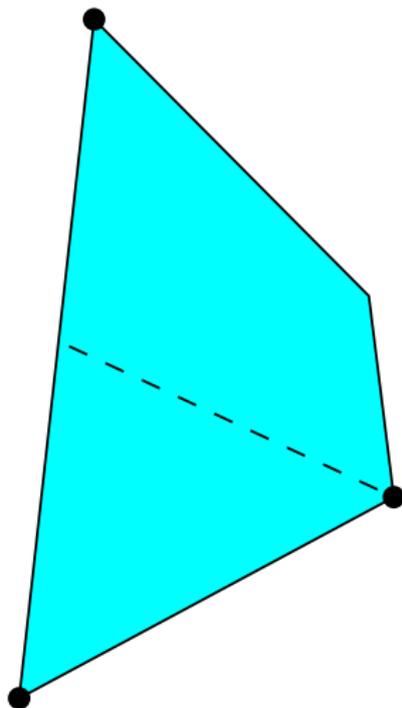


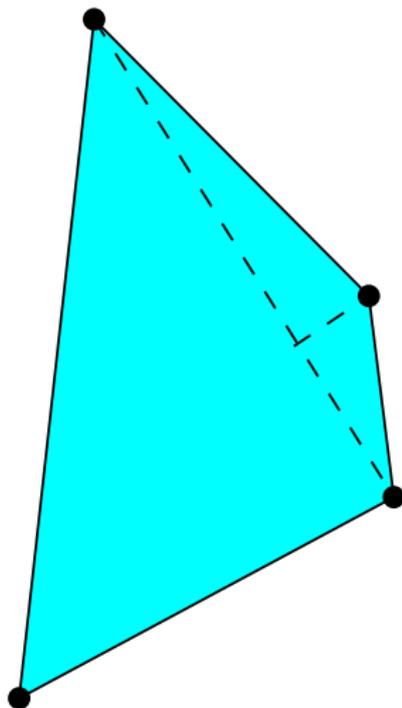












ACP para matrices de tamaño 2×2

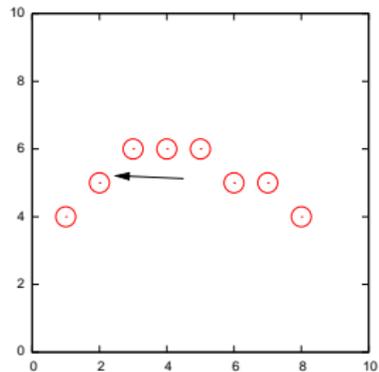
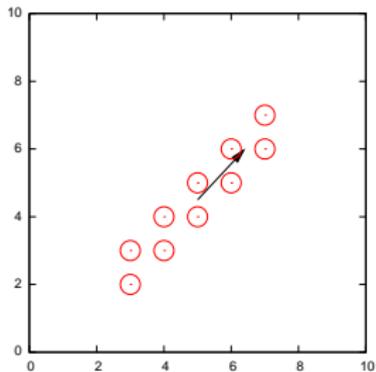
Para ajustar un conjunto de puntos a una línea:

- 1: Calcular los valores promedio \bar{x} y \bar{y}
- 2: Substraer estos valores promedio de los conjuntos de datos correspondientes
- 3: **for** $i = 1$ a n **do**
- 4: $a += x^2$; $b += xy$; $c += y^2$
- 5: **end for**
- 6: Calcular la eigendescomposición de la matriz:

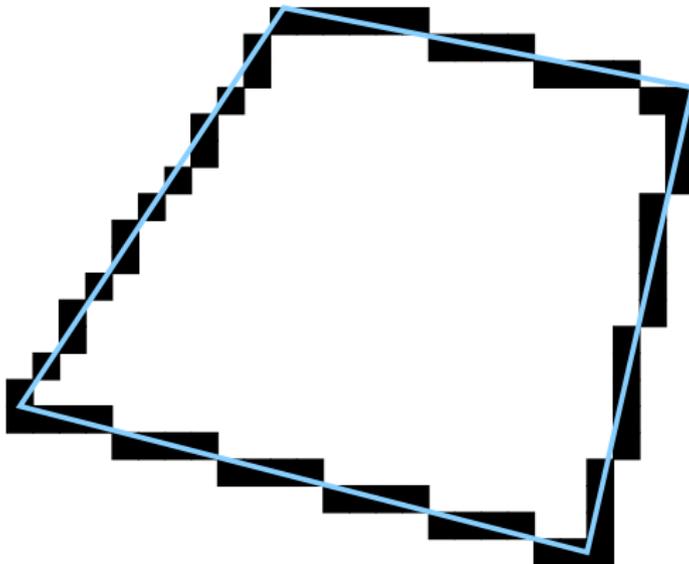
$$\begin{bmatrix} a & b \\ b & c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum(x - \bar{x})^2 & \sum(x - \bar{x})(y - \bar{y}) \\ \sum(x - \bar{x})(y - \bar{y}) & \sum(y - \bar{y})^2 \end{bmatrix}$$

- 7: El resultado es el eigenvector asociado al eigenvalor más grande.

Dos ejemplos del ACP



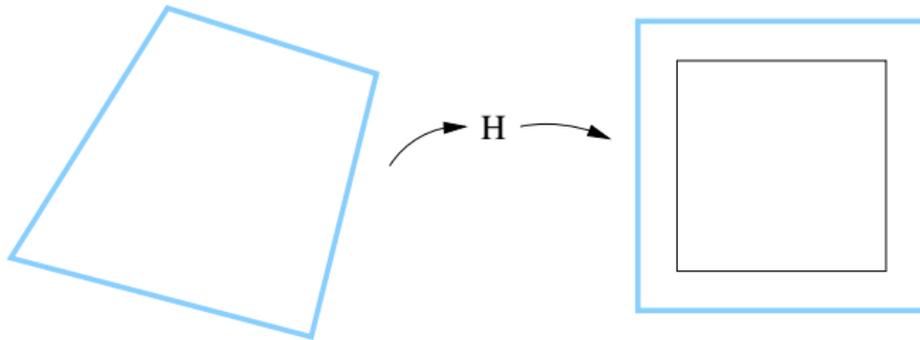
Ejemplo del ajuste de las cuatro líneas del marco:



El último paso

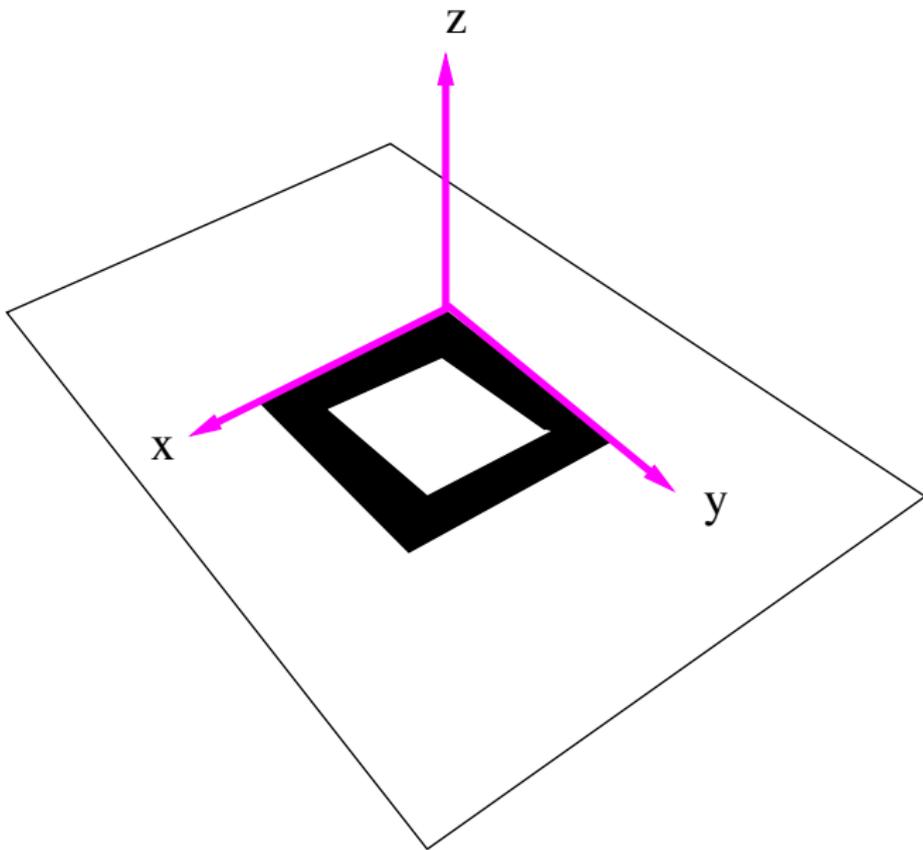
1. A partir de las cuatro esquinas obtenidas se puede calcular una homografía
2. De la homografía se puede calibrar la cámara
3. También con la homografía se puede remover la distorsión debido a la perspectiva
4. Finalmente, se obtiene la imagen de la parte central del marcador
5. Con esta imagen se obtiene un identificador (un número) para asociar un objeto virtual a cada marcador

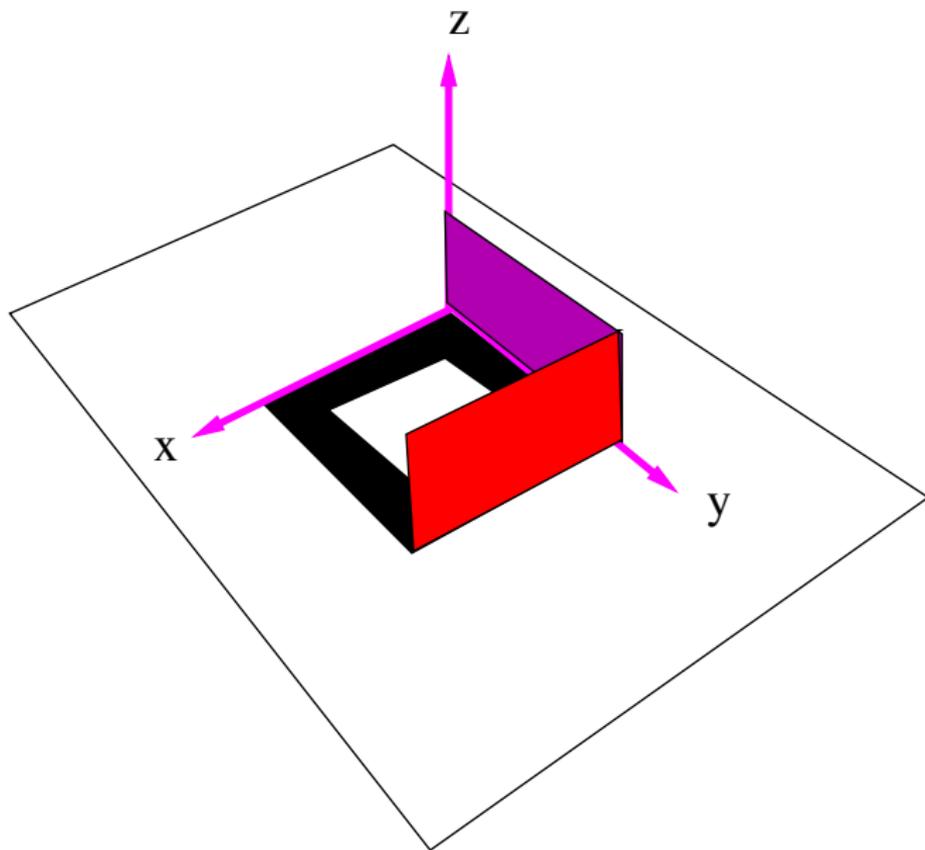
La homografía sirve para corregir la distorsión debido a la perspectiva

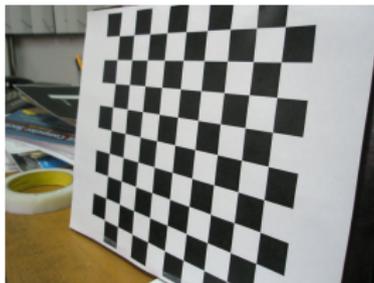


También con la homografía sabemos:

- ▶ La rotación del marcador
- ▶ El desplazamiento de marcador
- ▶ Y con estos datos podemos dibujar el objeto virtual sobre el marcador







$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} \mathbf{r}_1 & \mathbf{r}_2 & \mathbf{r}_3 & \mathbf{t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = K \begin{bmatrix} \mathbf{r}_1 & \mathbf{r}_2 & \mathbf{t} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\lambda \mathbf{p} = \mathbf{H} \mathbf{P}$$

Z. Zhang, A Flexible New Technique for Camera Calibration, IEEE Trans on Patt Anal & Mach Intel (22) 11, 2000, p. 1330–1334.

Las tres aplicaciones

1. Un fascículo de especies animales para niños, donde cada animal se dibuja virtualmente sobre cada marcador;
2. Una aplicación para aprender japonés, donde el significado de cada símbolo se muestra virtualmente con un objeto sobre el marcador de identificación; y
3. Una bola virtual sobre un laberinto. Esta aplicación también usa el giróscopo y el acelerómetro incluidos en el iPad.

Conclusiones (1/3)

1. Se explicó como crear aplicaciones para realidad aumentada en un iPad
2. Las tres aplicaciones fueron contruidas con nuestra propia biblioteca
3. La biblioteca está disponible en:

<http://cs.cinvestav.mx/~fraga/Softwarelibre/VisioniPad.zip>

Pasos necesarios en un sistema de realidad aumentada

- Paso 1 Procesamiento de imagen.** Involucra la adquisición de las imágenes, el filtrado de ellas para mejorar sus condiciones, y segmentar el marcador en cada marco del video.
- Paso 2 Visión.** Consiste en la *calibración de la cámara y la obtención de los parámetros de orientación y posición* para la vista correspondiente en cada imagen.
- Paso 3 Visualización.** Agregar los objetos virtuales y dibujarlos.

Conclusiones (3/3)

1. El objetivo de visión es la reconstrucción tridimensional de la superficie de objetos, a partir de imágenes bidimensionales. Esto es, nos permite reconstruir la estructura de la superficie del objeto.
2. Un sistema de realidad aumentada usa técnicas de procesamiento de imágenes, de visión y de graficación.
3. Para visión, es necesario tener conocimiento de algebra lineal y análisis numérico.
4. La parte más difícil de visión es la calibración de la cámara, esto es, encontrar la transformación proyectiva que realiza la cámara entre el mundo 3D y las imágenes en 2D.

Ofrecemos la **maestría** y **doctorado** en
Ciencias de la Computación.

- ▶ Página del Departamento: <http://www.cs.cinvestav.mx>
- ▶ Página personal: <http://cs.cinvestav.mx/~fraga>
- ▶ Correo-e: fraga@cs.cinvestav.mx

¡Muchas gracias!