

Sistemas de Sensación Visión del Computador

CI-2657 Robótica

Dra. Kryscia Ramírez Benavides





Introducción

- 🤖 Existen multitud de sensores capaces de informar de algunas características del ambiente que envuelve al robot.
- 🤖 El sensor más completo y que confiere la máxima adaptabilidad al robot es la visión.
- 🤖 Existe una gran cantidad de empresas e investigadores que se dedican a mejorar esta técnica.
- 🤖 Sin embargo, todavía no se ha implantado la visión en los robots comerciales, dadas las dificultades que existen.



Introducción (cont.)

- 🤖 Las dificultades que existen son las siguientes:
 - 🤖 Los sistemas de visión superan, en muchos casos, el costo del sistema de robot industrial.
 - 🤖 Exigen extensos desarrollos de software para que el robot actúe de acuerdo con la información del mundo exterior.
 - 🤖 Se necesitan potentes computadores para procesar una gran cantidad de información en poco tiempo. En robótica, las imágenes hay que procesarlas en tiempo real.



Introducción (cont.)

- 👤 Las dificultades que existen son las siguientes:
 - 👤 Hay gran dificultad en el tratamiento de la información visual, debido a factores inherentes al mismo proceso, como son sombras, tipo de iluminación, imágenes uni, bidimensionales y tridimensionales, oclusiones entre objetos, etc.
 - 👤 En el análisis de la imagen, además de la información directa, hay que procesar otras fuentes de datos, tan complejos como los procedentes de la experiencia memorizada, el contexto general y los objetivos perseguidos.



Introducción (cont.)

- 🤖 Las aplicaciones más interesantes de visión, dentro de la Robótica, son:
 - 🤖 Reconocimiento y clasificación de objetos.
 - 🤖 Ensamblado.
 - 🤖 Soldadura.
 - 🤖 Sincronización con otros dispositivos en movimiento.
 - 🤖 Guiado de robots móviles.



Introducción (cont.)

- 🤖 Un sistema de visión artificial consta de las siguientes partes:
 - 🤖 **Cámara.** Encargada de captar la imagen y transmitirla en forma de señales eléctricas, siguiendo unas normas de exploración.
 - 🤖 **Interfaz.** Adaptación de las señales eléctricas producidas por la cámara a un computador.
 - 🤖 **Paquetes de software.** Para el proceso de la información por el computador, que permita analizar las escenas y generar los comandos de gobierno del robot, de forma autónoma y en tiempo real (Inteligencia Artificial).



Introducción (cont.)

- 🤖 En la confección del software, pueden distinguirse tres fases consecutivas:
 - 🤖 Selección, de la información útil e indispensable, puesto que es casi imposible, tener en cuenta toda la información que proporciona la cámara.
 - 🤖 Interpretación, de la escena en forma conveniente para la aplicación en curso.
 - 🤖 Cálculo y generación, de las órdenes de control a los elementos motrices del manipulador, según los resultados de la fase anterior.



Exploración de Imágenes

- La exploración de una imagen consiste, en esencia, en el conjunto de operaciones necesarias para convertirla en señales eléctricas.
- Posteriormente, las señales se pueden amplificar y transmitirse, así como aplicarse a los dispositivos adecuados para su reproducción o el reconocimiento, más o menos inteligente, de la escena original.

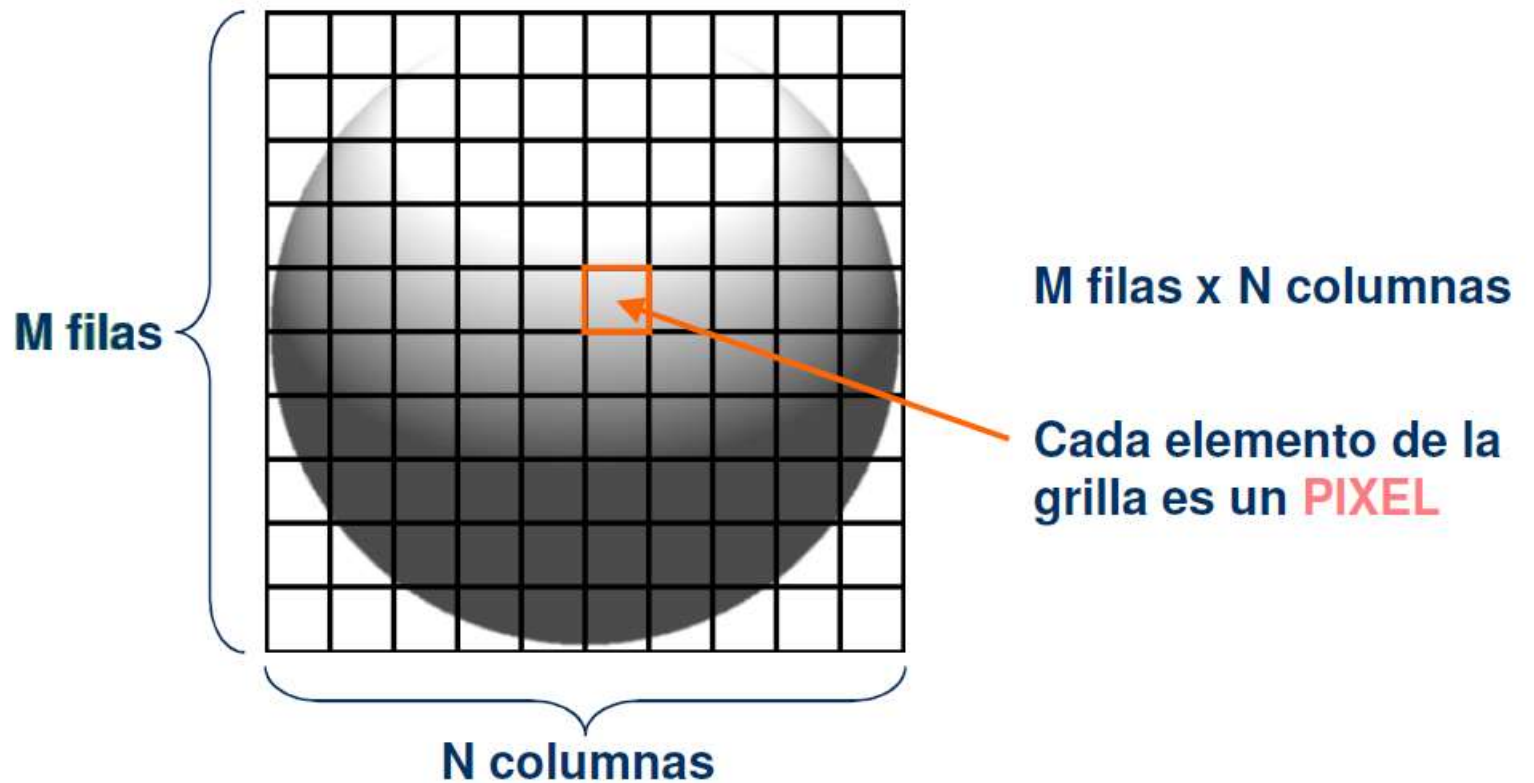


Exploración de Imágenes (cont.)

- 🤖 Por su reducido tamaño y peso, su resistencia a los ambientes industriales y hostiles, y la tendencia a la baja de su precio, las cámaras de estado sólido se están imponiendo en las aplicaciones de Robótica.
 - 🤖 Dichas cámaras están formadas por un conjunto de sensores fotosensibles, dispuestos en una estructura matricial de m filas y n columnas.
 - 🤖 Los sensores tienen dimensiones minúsculas (25 x 25 micrones) y dan la información sobre un punto o elemento de la imagen, al que se denomina PIXEL (picture element).



Exploración de Imágenes (cont.)





Exploración de Imágenes (cont.)

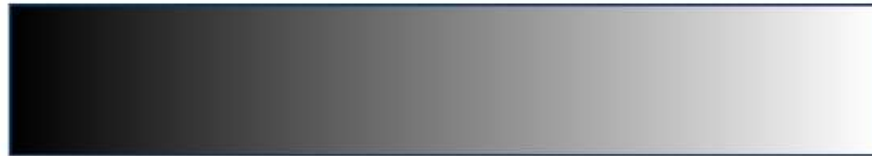
- 🤖 La representación de un punto de una imagen, con las cámaras de estado sólido, se define con tres parámetros, que son:
 - 🤖 Situación de la fila del pixel (X).
 - 🤖 Situación de la columna del pixel (Y).
 - 🤖 Intensidad luminosa del pixel (Z).
- 🤖 Según los sensores utilizados, las cámaras de estado sólido pueden ser de tecnología:
 - 🤖 CID (Charge-Injection Device): dispositivo de inyección de carga
 - 🤖 CCD (Charge-Compled Device): dispositivo de acoplo de carga.



Exploración de Imágenes (cont.)

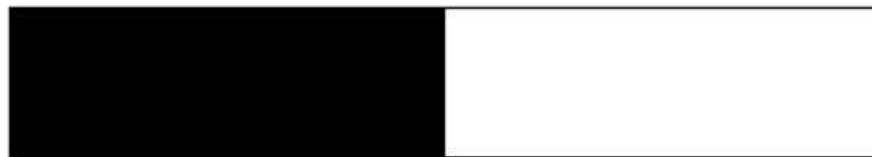
- Pixel → INTENSIDAD PROMEDIO → número

negro
0



blanco
($2^n - 1$)

0



$2^1 - 1 = 1$

$n = 1$
2 niveles



Exploración de Imágenes (cont.)

- Pixel → INTENSIDAD PROMEDIO → número

negro

0



blanco

$(2^n - 1)$

0



$2^2 - 1 = 3$

$n = 2$

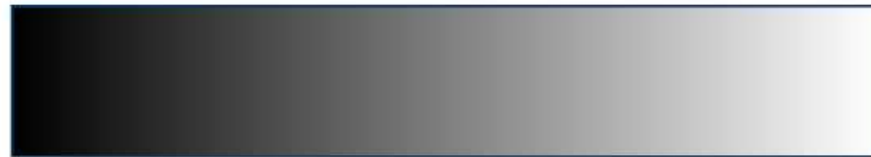
4 niveles



Exploración de Imágenes (cont.)

- Pixel → INTENSIDAD PROMEDIO → número

negro
0



blanco
($2^n - 1$)

0



$2^3 - 1 = 7$

$n = 3$
8 niveles



Exploración de Imágenes (cont.)

- Pixel → INTENSIDAD PROMEDIO → número

negro

0



blanco

$(2^n - 1)$

0



$2^4 - 1 = 15$

$n = 4$

16 niveles



Exploración de Imágenes (cont.)

- Pixel → INTENSIDAD PROMEDIO → número

negro
0



blanco
 $(2^n - 1)$

0



$2^5 - 1 = 31$

$n = 5$
32 niveles



Exploración de Imágenes (cont.)

- La matriz de pixeles de las cámaras de estado sólido, están formadas por un conjunto de condensadores MOS.
 - En el tipo CCD, al incidir los fotones, generan unas cargas que son retenidas por cada puerta y luego transferidas o leídas en serie, de forma secuencial.
- La lectura de información de las cámaras CID se hace mediante direccionamiento X-Y, es decir, de forma aleatoria, lo que las faculta para explorar parcialmente a las imágenes.
- El procesamiento de la información que entrega la cámara, trata la imagen, selecciona los datos útiles y aplica los algoritmos apropiados para el reconocimiento de la forma del objeto enfocado.



Procesamiento de Imágenes

- 🤖 **Estructura general de un sistema de visión.**
- 🤖 Los sistemas de visión usados en aplicaciones industriales están basados en un computador de propósito general compuesto por varios módulos interconectados por buses normalizados.
 - 🤖 Así, los computadores basados en los microprocesadores Intel, utilizan los buses IBM-PC, el ISA-EISA (AT) y los procesadores de Motorola utilizan el bus VME.



Procesamiento de Imágenes (cont.)

- 🤖 Los módulos principales de los equipos destinados al proceso de imágenes son:
 - 🤖 Uno o varios procesadores.
 - 🤖 Memoria principal para el almacenaje de programas y datos.
 - 🤖 Módulos para el control de periféricos (discos, modem, impresoras, etc..)
 - 🤖 Modulo de entrada y salida para el gobierno de los elementos externos, como maquinaria, relees, robots, alarmas, etc.
 - 🤖 Tarjetas especializadas en el procesado de imágenes.



Procesamiento de Imágenes (cont.)

- 👤 La tarjeta de video dispone de los elementos necesarios para llevar a cabo las siguientes funciones:
 - 👤 Digitalización de la señal de video procedente de la cámara, mediante un conversor A/D.
 - 👤 Almacenamiento de la información de la imagen digitalizada en una "memoria imagen".
 - 👤 Sistema para el procesado de la imagen, mediante un procesador especializado o hardware específico, como circuitos integrados PLD con ALUS integradas, tablas de transformación hardware (LUT), etc.






Procesamiento de Imágenes (cont.)

- La tarjeta de video dispone de los elementos necesarios para llevar a cabo las siguientes funciones:
 - Visualización de la imagen almacenada en un monitor, a través de un conversor D/A.
 - Conexión del contenido de la memoria de imagen al bus normalizado para su posible procesamiento y tratamiento en la sección del procesador principal y su memoria.



Procesamiento de Imágenes (cont.)

Digitalización.

-  La exploración de una línea de la imagen de una cámara, proporciona una señal analógica continua, que debe ser muestreada en tantos puntos como pixeles tenga la línea.
 -  Cada pixel o punto de la imagen capturada corresponde con una tensión analógica, cuyo valor representa el nivel de luminosidad o "nivel de gris".
-  En el caso de las cámaras de estado sólido no se precisa realizar el muestreo, puesto que cada celda CCD de la línea proporciona directamente la tensión analógica del pixel correspondiente.



Procesamiento de Imágenes (cont.)

- 👤 Como el procesamiento de la información es del tipo digital, hay que transformar los valores analógicos de los píxeles de la imagen en valores digitales.
- 👤 El número de bits en que se transforma la señal analógica mediante el conversor A/D, determina la cuantificación de los niveles de gris, es decir, la cantidad de niveles de gris que se empleara en el procesamiento.
 - 👤 Así, con una resolución de 8 bits se dispone de 256 niveles de gris, desde el blanco hasta el negro. Con dicha resolución, el ojo humano ya no aprecia los escalones entre los niveles de gris.







Procesamiento de Imágenes (cont.)

- 👤 La conversión de la señal analógica de video, procedente de la cámara ha de ser muy rápida, lo que exige conversores caros del tipo comparador en paralelo.
 - 🐝 Por ejemplo trabajando a 10Mhz, la conversión ha de hacerse en menos de 100ns.
- 👤 Una vez que se almacena la imagen digitalizada en la memoria de imagen, la mayoría de las tarjetas de video tiene la posibilidad de poder visualizarla en un monitor, lo que conlleva la conversión D/A, así como la mezcla con los impulsos de sincronismo horizontal y vertical, para restablecer la señal de video.



Procesamiento de Imágenes (cont.)




Imágenes en proceso.

-  El tratamiento de la información que compone la imagen puede llevarse a cabo a través de programas (software), o bien, por medio de circuitos electrónicos especializados (hardware).
 -  En general, el hardware es más rápido que el software, pero también más caro.
-  Hay situaciones en las que se hace imprescindible el tratamiento mediante hardware.
 -  Por ejemplo, cuando se trabaja en tiempo real como en las aplicaciones en Robótica, en las que la actuación del manipulador depende, en cada momento, de la imagen que capta de la cámara sobre el entorno.



Procesamiento de Imágenes (cont.)

Tratamiento hardware.

-  Uno de los recursos más empleados en el proceso de imágenes pixel a pixel es el de las tablas de traducción de hardware (LUT: Look Up Table).
-  Se trata de circuitos integrados de diseño específico, que tienen implementando el algoritmo de transformación que hay que aplicar en cada pixel.
 -  A veces, la materialización se lleva a cabo a modo de memoria EPROM de alta velocidad.





Procesamiento de Imágenes (cont.)

- 👤 El nivel de gris $I(x,y)$ de cada pixel se transforma, mediante un determinado algoritmo, en otro nivel de gris de salida $O(x,y)$.
 - 👤 **$O(x,y) = (\text{Algoritmo}) I(x,y)$**
- 👤 La LUT funciona como una memoria a la que se accede a una posición con el valor $I(x,y)$, encontrándose en dicha posición el valor $O(x,y)$ correspondiente, de forma directa y rápida.
 - 👤 **$I(x,y)$ Entrada de direccionamiento \rightarrow An LUT Dn \rightarrow Salida del dato $O(x,y)$.**



Procesamiento de Imágenes (cont.)

Tratamiento software.

-  La ejecución de un programa para la manipulación y transformación de los píxeles de una imagen, generalmente requiere más tiempo que los circuitos que realizan la misma función por hardware.
-  Los programas de procesamiento de imágenes suelen ser en lenguaje ensamblador o lenguaje C, es decir, aquellos que son más cercanos al lenguaje máquina, para optimizar tiempo y tamaño de la memoria.



Procesamiento de Imágenes (cont.)

- 👤 A veces, en la propia tarjeta de visión se incluye un procesador especializado, que trabaja con instrucciones apropiadas en el tratamiento de imágenes.
 - 👤 Sin embargo, en muchas ocasiones se utiliza el propio procesador principal del sistema.
- 👤 La elección del procesador es crucial en el rendimiento del sistema de visión.
 - 👤 La velocidad de procesamiento de las instrucciones y el tamaño del bus, son las características más determinantes.



Estructura y Jerarquía en el Proceso de Imágenes

- Tras captar la imagen mediante la cámara, hay un abanico de posibilidades para manipular la información recogida y obtener datos, que se desprenden de su análisis.
- A todos estos métodos de tratamiento de la información de imágenes se les llama genéricamente: proceso de imágenes.



Estructura y Jerarquía en el Proceso de Imágenes (cont.)

- 👤 En el proceso de imágenes se distinguen 3 niveles jerárquicos:
 - 👤 **Bajo Nivel.** Las técnicas utilizadas en este nivel son básicas y están orientadas a la definición y obtención de las propiedades generales de la imagen. En esta fase se incluye la fase de captación mediante las cámaras y la fase de preproceso, en la cual se contempla la digitalización de la señal de video; la obtención de las propiedades más representativas, como los bordes, el color, la textura, etc.; y la mejora de la imagen.



Estructura y Jerarquía en el Proceso de Imágenes (cont.)

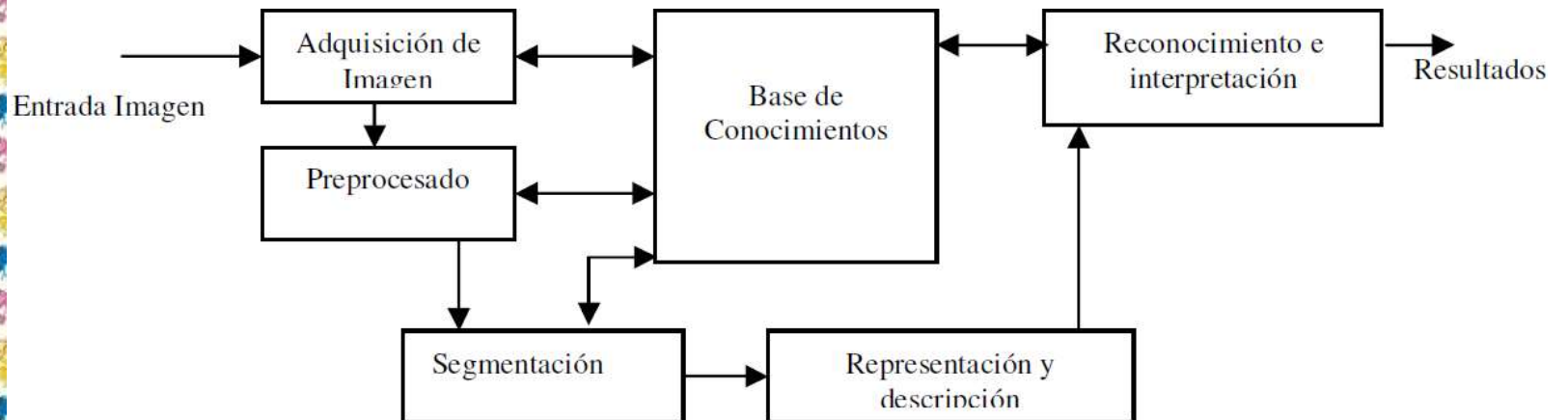
- 👤 En el proceso de imágenes se distinguen 3 niveles jerárquicos:
 - 👤 **Nivel Intermedio.** En este se incluyen las técnicas empleadas para obtener las propiedades de la escena. Así, con la segmentación se extraen o aíslan los objetos particulares de la imagen, con la descripción se caracterizan dichos objetos, y con el reconocimiento, se identifican los objetos de la escena.
 - 👤 **Alto Nivel.** En esta categoría en la que se aplica el proceso inteligente, la técnica más representativa es la interpretación, que trata de estudiar la lógica de los objetos localizados en la escena, procediendo a un etiquetado y representación simbólica.



Componentes de un Sistema de Visión

- 🤖 Existen 5 componentes importantes:
 - 🤖 **Captación:** Es el proceso a través del cual se obtiene una imagen visual.
 - 🤖 **Pre-pocesamiento:** Incluye técnicas tales como la reducción de ruido y realce de detalles.
 - 🤖 **Segmentación:** Es el proceso que divide una imagen en objetos que sean de interés.
 - 🤖 **Descripción:** Es el proceso mediante el cual se obtienen características convenientes para diferenciar un tipo de objeto de otro, por ejemplo: tamaño y forma.
 - 🤖 **Reconocimiento:** Es el proceso que asocia un significado a un conjunto de objetos reconocidos.

Componentes de un Sistema de Visión (cont.)





Referencias Bibliográficas

- 🤖 La información fue tomada de:
 - 🤖 Fu, K.S.; González, R.C. y Lee, C.S.G. Robotics: Control, Sensing, Vision, and Intelligence. McGraw-Hill. 1987.
 - 🤖 Esteve, Juan Domingo. Apuntes de Robótica. Universidad de Valencia. España.
 - 🤖 URL: <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/>.





¡Gracias!



Dra. Kryscia Daviana Ramírez Benavides
Profesora e Investigadora
Universidad de Costa Rica
Escuela de Ciencias de la Computación e Informática

Sitio Web: <http://www.kramirez.net/>
E-Mail: kryscia.ramirez@ucr.ac.cr
kryscia.ramirez@eccr.ucr.ac.cr

Redes Sociales:

