
ROBÓTICA

Grupo de Sistemas y Comunicaciones

jmplaza@gsyc.es



Curso 2007-2008

Sensores

Introducción

Definen cómo será el mundo del robot

- Constituyen el sistema de percepción del robot
- No proporcionan directamente **estado**
- Dispositivos físicos que miden cantidades físicas de propiedades (distancias, sonido, magnetismo, olores, presiones, altitud, velocidad, inclinación, etc.)
- La misma propiedad física puede medirse por varios sensores
- Son limitados, ruidoso e inexactos

De señales a símbolos

- Un sensor no proporciona símbolos
- Puede hacer falta mucha capacidad de proceso para convertir señales en símbolos
- La sensorización de un robot implica diversas disciplinas:
 - Electrónica: Un sensor de colisión (detectar si pasa o no corriente)
 - Procesamiento de señales: Un micrófono (separar la voz del ruido)
 - Informática: Un cámara que devuelve los bordes (reconocer un objeto)

Diseño de la sensorización de un robot

- La naturaleza evoluciona sensores para resolver problemas: ojos de las moscas, nuestros
- Un diseñador de robots generalmente no puede crear nuevos sensores
- El trabajo del diseñador es integrar los sensores existentes
- La integración debe hacerse sin perder de vista la tarea a realizar

Ejemplo

¿Cómo detectaríamos la presencia de intrusos en una sala?

- Temperatura
- Movimiento
- Perfil
- Color

Ejemplo

¿Cómo medimos distancias?

- Ultrasonidos y tiempo de eco
- Infrarrojos e intensidad recibida
- Dos cámaras (visión estereoscópica)
- Triangular con un láser y una cámara fija

Caracterización de los sensores

Sensibilidad: ratio de cambio de la salida a los cambios de las entradas

Linealidad: medida de la constancia del ratio entrada/salida

Rango: diferencia entre el máximo y mínimo valor medible

Tiempo de respuesta: tiempo requerido para que un cambio de la entrada sea observable

Exactitud: diferencia entre el valor real y el medido

Resolución: el incremento mínimo observable en la entrada

Repetitividad: diferencia entre sucesivas medidas de la misma entrada

Tipo de salida: entero, real, matriz, ...

Clasificación de los sensores

- Internos: información sobre el propio robot
 - Posición (potenciómetros, inductosyn, ópticos...)
 - Velocidad (eléctricos, ópticos...)
 - Aceleración

- Externos: información sobre lo que rodea al robot
 - Proximidad (reflexión lumínica, láser, ultrasonido...)
 - Tacto (varillas, presión, polímeros...)
 - Fuerza (corriente en motores, deflexión...)
 - Visión (cámaras de tubo, CCD lineales, cámaras CCD...)

Otras clasificaciones: sencillos/complejos, activos/pasivos, visuales/no visuales

Sensores sencillos/complejos

- Se pueden usar sin mucha capacidad de cálculo
- Necesitan cierta electrónica:
 - Conectores a los puertos
 - Convertidores analógicos-digitales
- Necesitan cierta programación:
 - Acceso a los puertos
 - Interpretación de la información

Sensores activos/pasivos

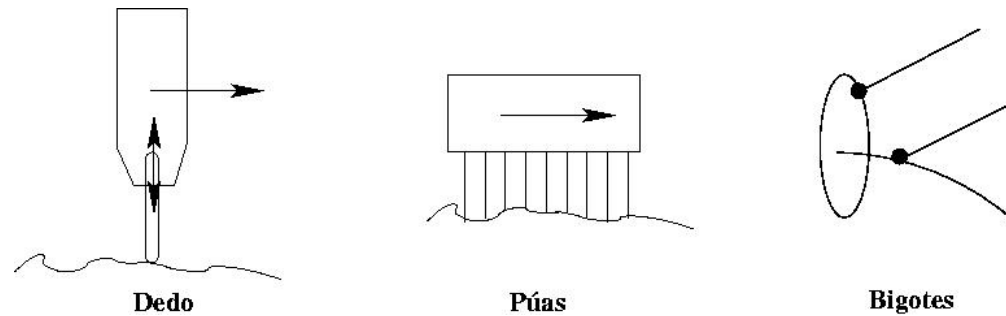
Recordar división preliminar (activos/pasivos, simples/complejos)

- Sensores pasivos: simplemente miden señales del entorno.
- Sensores pasivos: interruptores, luz, botones, etc.
- Sensores activos: producen un estímulo y miden su interacción en el entorno.
- Sensores activos: Ultrasonido, láser, infrarojos etc.
- Necesitan más energía, más procesamiento.

Sensores de interruptor

- Sensor sencillo, pasivo y puede ser interno o externo
- Principio básico: Circuito abierto/cerrado (pasa corriente, no pasa).
- Necesitan poco procesamiento a nivel electrónico.
- Usos variados:
 - Contacto: el robot choca con algo (ej. detector de pared)
 - Límite: un dispositivo ha alcanzado el máximo de su rango (ej. pinza abierta)
 - Contador: cada vez que se abre/cierra (ej. contador de vueltas)
- Dependiendo de la aplicación el estado normal será abierto o cerrado
- El encapsulado depende de la aplicación (p.e. el de LEGO es muy simple/flexible)

Sensores de tacto



- Sensor sencillo, pasivo y externo
- Microinterruptores colocados de diversas formas
- Conocer el perfil del objeto
- Caso extendido del sensor de interruptor

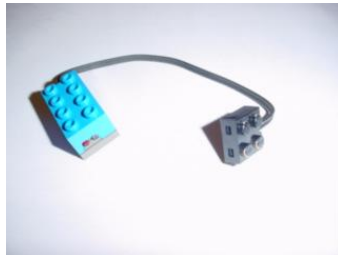
Sensores de posición

- Sensor sencillo, pasivo e interno
- Indican en posición se encuentra un elemento (p.e. articulación)
- Pueden ser rotacionales o traslacionales
- Dos tipos básicos:

Eléctricos : Potenciómetros, un contacto que se mueve sobre una espiral

Ópticos : optointerruptores (detectan una posición)
Los veremos cuando hablemos del sensor de rotación

Sensores de luz ambiente



- Miden la cantidad de luz que llega a una célula foto-eléctrica (básicamente una resistencia)
- La resistencia es baja con luz y alta con oscuridad (sensor de oscuridad)
- Usualmente el software invierte los valores (bajo→oscuridad)
- También se pueden usar de diversas formas:
 - Pueden medir intensidad
 - Pueden orientarse, enfocarse, protegerse
 - Su colocación influye

Fotosensores activos

- El sensor consta de un emisor y un receptor.
- La situación de ambos define el tipo de sensor:
 - Reflexión (*reflective*):** Se colocan juntos y detectan la reflexión de los objetos.
 - Barrera (*break-beam*):** Se oponen y detectan cuando algo interrumpe el haz.
- El emisor es un LED.
- El receptor suelen ser fotodiodos o fototransistores (las fotresistencias son más sencillas pero más lentas).

Uso de los fotosensores activos

- Detectar la presencia de objetos.
- Medir la distancia a los objetos.
- Detección de características: encontrar una marca, seguir una línea, etc.
- Lectura de códigos de barras.
- Implementar sensores de rotación.

Problemas con los fotosensores activos

- La reflexión depende del color y de las carectísticas del material.
- En principio, colores más claros reflejan más que los más oscuros:
 - Es más difícil (menos fiable) detectar objetos oscuros.
 - Los objetos claros “parecen” estar más cerca y los oscuros más lejos de lo que realmente están.
- La luz ambiente es una fuente de ruido:
 - Calibrar: restar la luz ambiente (p.e. leer en modo pasivo).
 - La luz ambiente cambia: es necesario calibrar cada cierto tiempo.

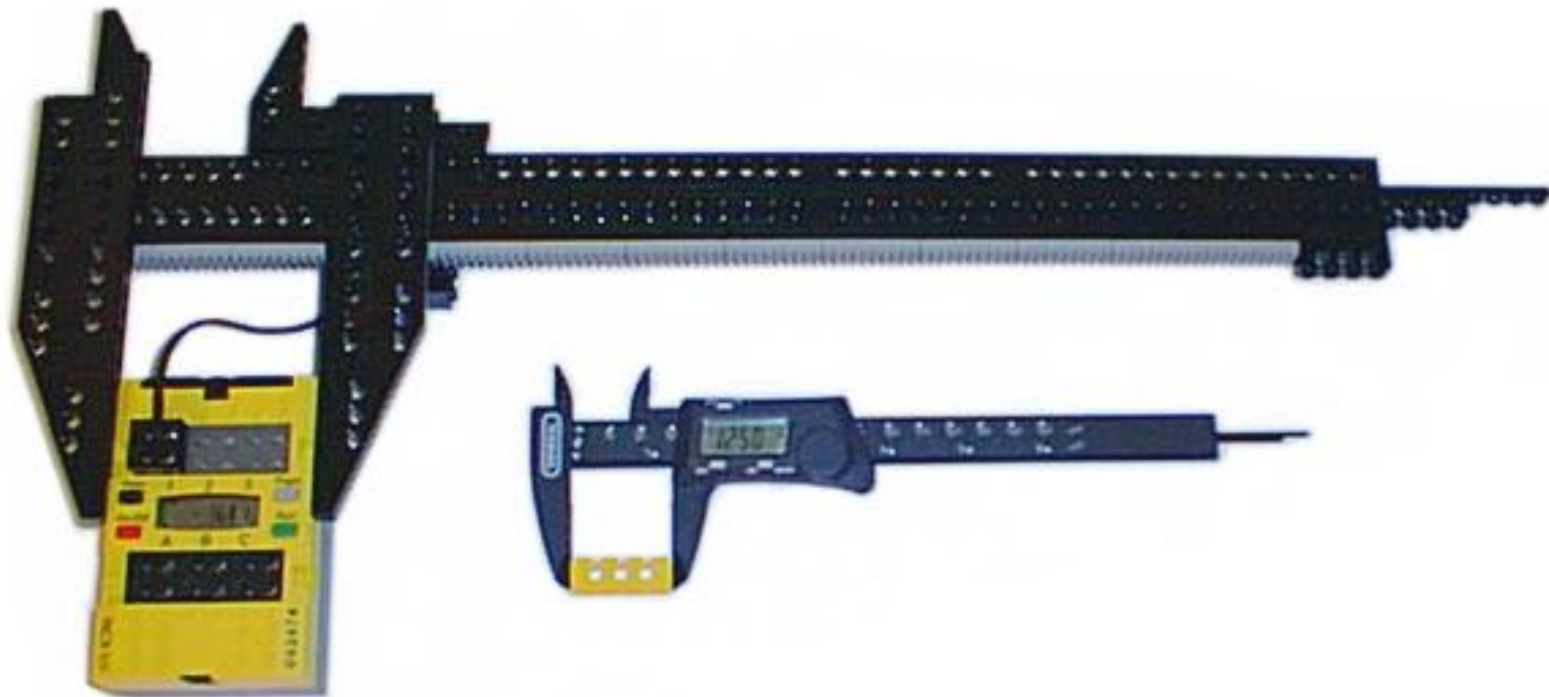
Sensores de infrarrojos

- Probablemente los sensores de no-contacto más extendidos
- Un tipo de sensor de luz que utiliza la parte del espectro del infrarrojo
- Para distinguir la reflexión del infrarrojo ambiente se suele modular (100Hz usualmente)
- Sensores activos: emisor y receptor
- Se usan de la misma forma que los sensores de luz: barrera y reflexión
- Se usan profusamente porque hay menos interferencias, son fácilmente modulables y no son visibles
- Problema: objetos que no reflejan el IR, la intensidad decrece con d^{-2} (rango máximo $\sim 50 - 75$ cm.)

Sensores de rotación

- Miden la rotación angular: odómetros (número de vueltas), velocímetros (velocidad)
- Marcar el elemento que gira (p.e. haciendo agujeros a un disco: cada vez que la luz pasa se cuenta).
- Resolución: número de agujeros (Uno: baja resolución, problema con errores. Muchos: requiere velocidad en el sensor).
- Otra técnica: pintar sectores blancos y negros y medir la reflexión
- En el segundo caso se obtiene una onda que puede procesarse.
- ¿Cómo detectar el cambio de dirección?
- Ruido de los efectores (las ruedas patinan y deslizan)

Sensores de rotación (ejemplo)



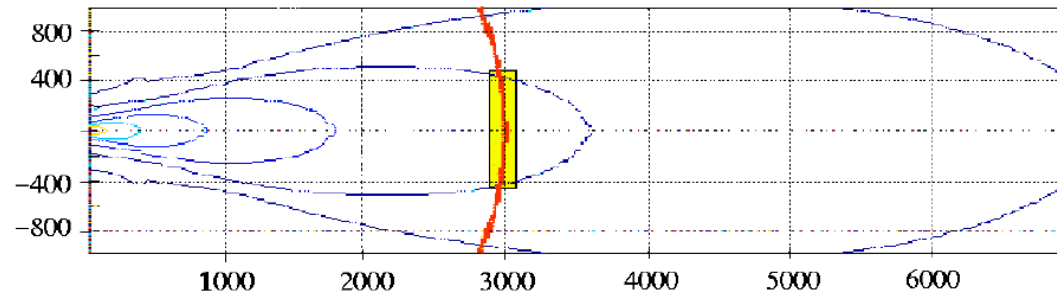
Sensores de velocidad

- Sensor interno, pasivo, ¿simple?.
- Miden la velocidad (generalmente angular)
- Eléctricos:
 - Una bobina que gira perpendicularmente a un campo magnético
 - Se genera tensión proporcional a la velocidad de giro
- Ópticos:
 - Usan los sensores de posición midiendo la velocidad
 - Suele hacerse con la señal generada

Sensores de aceleración

- Sensor interno, pasivo, ¿simple?.
- Miden la aceleración
- Usan la inercia: un muelle que se estira
- Se usan relativamente poco
- Problemas de oscilación (falsas medidas)

Sensores de ultrasonidos



- Usado fundamentalmente para medir distancias
- El emisor emite un “chirrido” y se capta en un micrófono el reflejo (mismo principio que el SONAR).
- Ultrasonidos viajan aprox. 35 cm. por milisegundo (a 20° Celsius).
- El sonar de los murciélagos es mucho más sofisticado: múltiples frecuencias, gran resolución, permite comunicaciones, ...

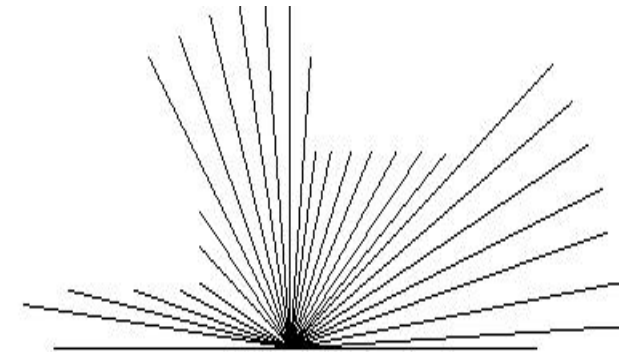
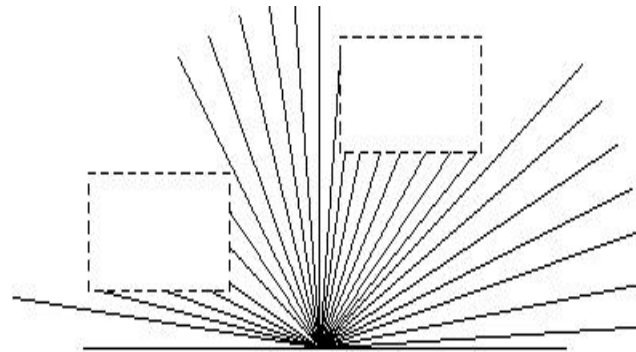
Ejemplo: sensores de Polaroid

- Primeros sensores comerciales, pensados para fotografía
- Siguen siendo los más usuales *off-shelf* (con procesador dedicado)
- Propiedades estándar:
 - Rango de 10 m (aprox)
 - 30 grados de amplitud
 - Devuelven distancia al objeto más próximo
 - Combinables en *arrays* de diferentes fases (más precisos)

Problemas con ultrasonidos

- La posición real del objeto es desconocida: (cualquier posición del cono a distancia d).
- Reflejos especulares: la dirección del reflejo depende del ángulo de incidencia
- Cuanto menor sea el ángulo, mayor es la probabilidad de perderse y producir falsas medidas de gran longitud
- Las superficies pulidas agravan el problema (las rugosas producen reflejos que llegan antes)
- Resumen: medidas de objetos lejanos pueden ser muy erróneas
- Ejemplo: un robot que se acerca a una pared con muy poco ángulo puede “no verla” .
- ¿Qué ocurre cuando varios robots usan ultrasonidos?

Sensores láser



- Mismo principio que en los ultrasonidos: medir tiempo de eco
- Mucho más precisos que los ultrasonidos
- El Sick de la figura proporciona medidas en 180 grados, cada medio grado, a 20 Hz, con resolución de 1-2 cm.
- Inconveniente: precio

Otros sensores de **tiempo de vuelo**: RADAR (**R**adio **D**etection **A**nd **R**anging