

Introducción a la Robótica Móvil

Primer cuatrimestre de 2018

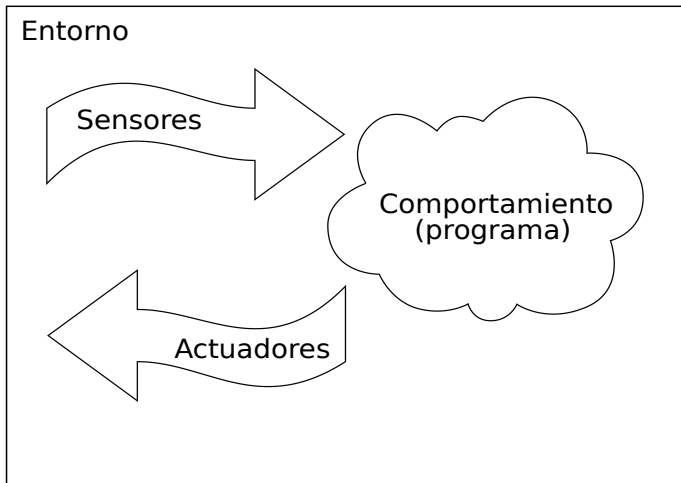
Departamento de Computación - FCEyN - UBA

Teórica - clase 3

Percepción

Tipos de ambientes

El ambiente es aquello con lo que el robot interactúa. Para poder percibir el ambiente el robot debe tener sensores.



Tipos de ambientes

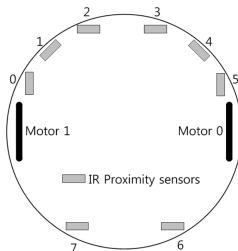
Los ambientes pueden distinguirse según sean:

- **Total vs Parcialmente observables**: si el sistema de sensado permite tener acceso al estado total de un ambiente se dice que es accesible al robot o totalmente observable.
- **Determinísticos (no estocástico) vs No determinísticos (estocástico)**: si el estado siguiente se determina completamente a partir del estado actual y la acción elegida por el agente, el ambiente es determinístico.
- **Estáticos vs Dinámicos**: si el ambiente no cambia mientras el robot está operando en él.
- **Continuos vs Discretos**: si la descripción completa del mismo puede adoptar infinitos estados el ambiente es continuo.
- **Markovianos vs no markovianos**: si la acción que realiza el robot depende exclusivamente del estado actual del sistema (i.e. la representación actual del entorno).

El sensado es la adquisición de las mediciones del mundo real. La percepción incluye además la interpretación de esas mediciones, dándoles significado. Esto trae problemas:

- **Indistinguibilidad** (*Perceptual aliasing*): el robot percibe dos estados diferentes del ambiente como el mismo estado.
- **Discretización** (*Cluster aliasing*): la discretización de un ambiente continuo requiere de agrupar muchos estados en una sola representación (*cluster*). Dos estados del ambiente que quiero diferenciar terminan en el mismo cluster.

Ejemplo de percepción



- El robot Khepera tiene 8 sensores de proximidad (distancia) infrarrojos.
- Cada sensor devuelve un valor de 10 bits (entre 0 1023) dependiendo del entorno circundante.
- Posibles estados: $2^{10} \times 2^{10} \times \dots = 2^{80}$ (son muchos!)
- Puedo tener perceptual aliasing y/o cluster aliasing.

Tipos de sensores

Los sensores pueden dividirse en dos categorías:

- **Propioceptivos**: miden variables internas del robot (el estado interno del robot). Por ejemplo, indicador de carga de batería. Pueden estar integrados en el sistema de control del robot para cerrar lazos. Por ejemplo, sensores odométricos (*dead-reckoning*): encoders, acelerómetros, giróscopos, etc.
- **Esteroeceptivos**: miden variables del entorno. Por ejemplo, aquellos que permiten medir la distancia a los objetos, conocidos como sensores de rango: infrarrojos, ultrasonidos y sensor láser. Las cámaras también son sensores esteroceptivos.

Algunas veces esta distinción no está del todo clara. Por ejemplo, algunos ubican al compás electrónico o magnetómetro como propioceptivo (odométrico) y otros como esteroceptivo (mide el polo magnético terrestre).

Tipos de sensores

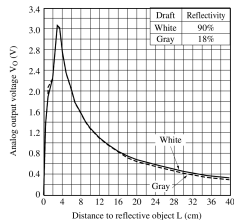
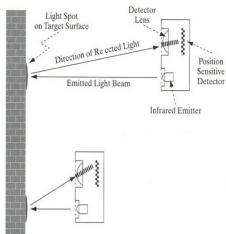
También pueden dividirse por su funcionamiento:

- **Pasivos**: captan la energía del ambiente. Por ejemplo, las cámaras, los giróscopos, los encoders.
- **Activos**: emiten energía al ambiente. Por ejemplo, la kinect, el laser, los sonares.

Para la mayoría de las aplicaciones necesitamos más de un tipo de sensor:

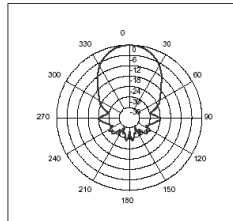
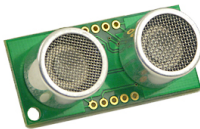
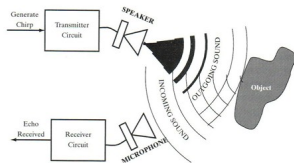
- **Fusión de sensado**: integración de la información proveniente de distintas fuentes de sensado.

Sensores de distancia: telémetro



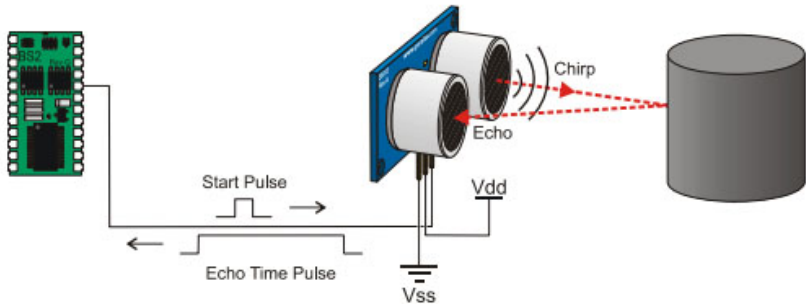
- Medición puntual.
- Influencia del color del objeto.
- Sin necesidad de trigger.
- Mala sensibilidad a mayores distancias.
- Mínima distancia de sensado.
- Salida no lineal analógica (tensión-distancia).
- Problemas para usar en ambientes exteriores.

Sensores de distancia: sonar

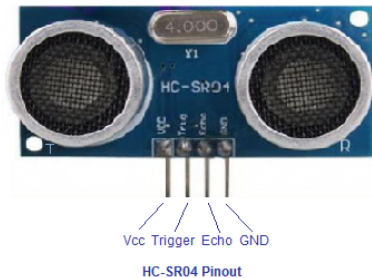
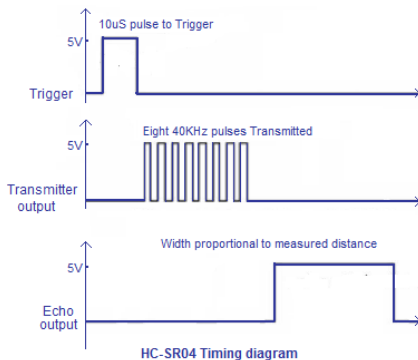


- Medición tiene forma de abanico.
- Se necesita de un trigger.
- Baja frecuencia de sensado.
- Salida digital.
- Mediciones ruidosas en presencia de objetos de formas complejas.
- Problemas con el eco en ambientes muy irregulares o con otras fuentes de ruido de ultrasonido (motores).

Sensores de distancia: sonar

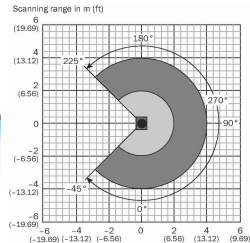
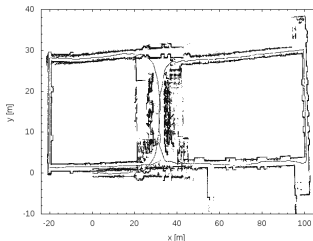


Sensores de distancia: sonar



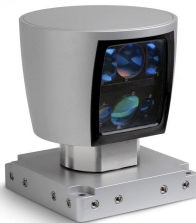
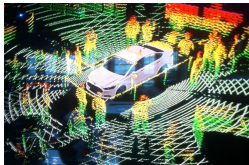
¿Cómo mido el ancho del pulso?

Sensores de distancia: laser



- Medición en forma de plano. 270° HFOV (Horizontal Field of View).
- Muy preciso para medir la profundidad (1 mm) y la dirección del objeto (1° de resolución angular).
- Alta frecuencia de sensado (15Hz).
- Salida digital (muchos datos para procesar!).
- De mayores dimensiones, consumo y costo.

Sensores de distancia: laser 3D



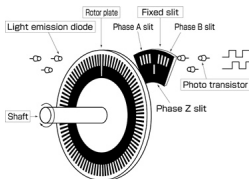
- 360° HFOV, 0,09° de resolución angular.
- 26,8° VFOV, 0,4° de resolución angular (64 laser).
- 5-15Hz, 1,3 millones de puntos por segundo.
- De 50 a 120 metros de rango.

Sensores visuales: cámara, cámara estéreo, kinect

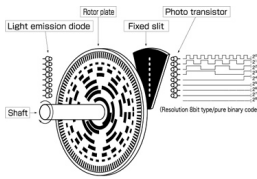


- Las cámaras estándar son pasivos, las de luz estructurada no.
- Nos dan mucha información del entorno, pero hay que procesarla!
- El rango depende de la resolución (virtualmente hasta el infinito)
- Pueden ser muy económicas, pequeñas y de bajo consumo.

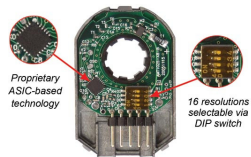
Odómetros (encoders)



Incremental Encoder Simplified Structure

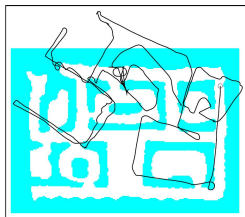


Absolute Encoder Simplified Structure



- Se colocan en el eje del motor.
- Pueden ser incrementales y absolutos.
- Sufren del desgaste por la contaminación del disco óptico. Por eso se inventaron los encoders capacitivos (se leen como incrementales).
- La resolución se mide en cuentas (pasos) de encoders (10 a 10000).

Sensores de orientación (heading): giróscopo, compás



- Se suelen usar integrados en una misma unidad inercial.
- Los giróscopos sensan la velocidad angular con un sesgo, problema de deriva si lo integramos de forma *naïve*.
- Las mediciones del compás se ven afectadas por el ambiente.
- Salida digital (muchos datos para procesar!).
- La precisión viene con el precio: los giróscopos de un avión tienen una deriva de $0,1^\circ/6$ horas.

Posicionamiento global por triangulación (GPS)



- Tengo que conocer con exactitud la posición de los faros.
- Los faros pueden ser pasivos (reflectores) o activos (emisores).
- En ambientes exteriores tenemos GPS.
 - 1 satélite tengo la distancia al satélite.
 - 2 satélites tengo la intersección de dos esferas (circunferencia).
 - 3 satélites dos puntos posibles (si asumo que estoy sobre la superficie terrestre a 0m sobre el nivel del mar listo!).
 - 4 o más satélites una única solución, tengo la posición y la altura.

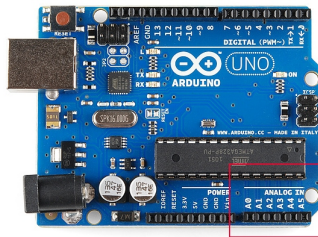
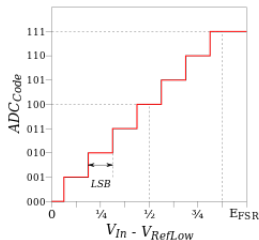
Cómo leer un sensor

Los sensores “simples” pueden leerse con un microcontrolador

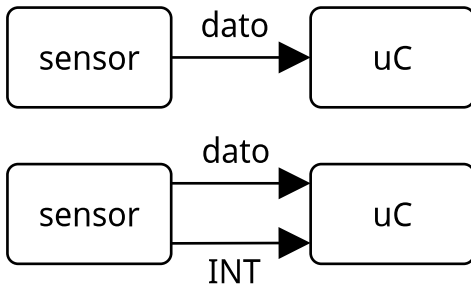
- **Analógicos** → usamos la función `analogRead`
- **Digitales** → polling vs. interrupciones

Cómo leer un sensor: conversión Analógico/Digital

- Una señal analógica es aquella cuya amplitud (típicamente tensión) puede tomar en principio cualquier valor (infinitos).
- Para poder procesar esta señal tenemos que digitalizarla para lo cual necesitamos de un módulo de conversión analógico-digital (ADC).
- La conversión involucra una cuantización (discretización) y por lo tanto introduce error.
- La resolución del conversor viene dada por la cantidad de valores discretos que puede generar sobre el rango de valores analógicos (medida en bits).

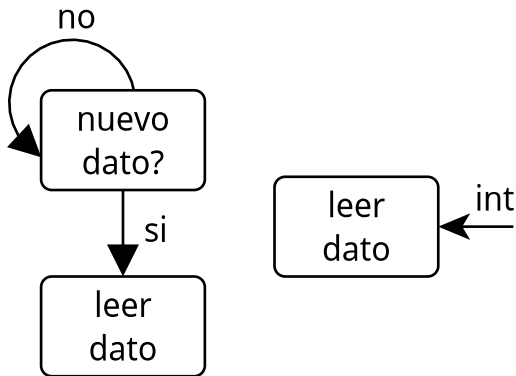


Cómo leer un sensor: polling vs interrupciones

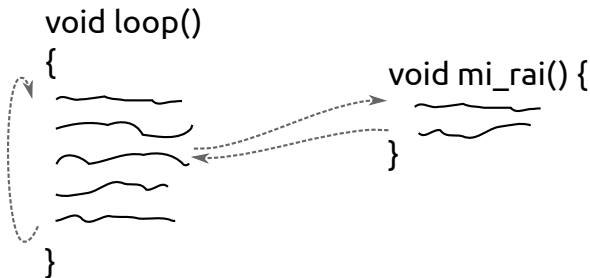


Cómo leer un sensor: polling vs interrupciones

- **Polling**: el microcontrolador (μC) pregunta/lee todo el tiempo.
- **Interrupciones**: el dispositivo avisa cuándo hay algo para leer.



Rutina de Atención de Interrupciones (RAI)



- Ante la interrupción, se ejecuta la RAI configurada.
- Al finalizar, la ejecución retoma donde se interrumpió.

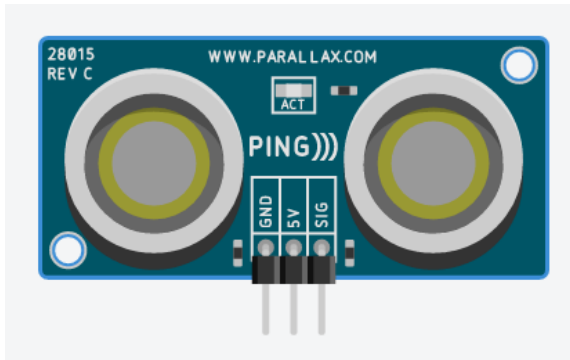
Nos van a interesar las interrupciones sobre entradas digitales que pueden ser:

- De nivel: señal *low* o *high*
- De transición: flanco positivo, flanco negativo, cambios

Existen interrupciones de muchas otras cosas: nuevo dato en comunicación serial, conversión A/D finalizada, expiró un timer, etc.

Para el taller: el sonar simulado

- Una sola patita cumple la funcion de *trigger* y *echo*
- Para usarlo, el pin primero debe ser un OUTPUT y luego se pone como INPUT y se lee la respuesta.
- Con la simulación corriendo, click en el sonar y luego pueden elegir dónde estaría el objeto que sensa



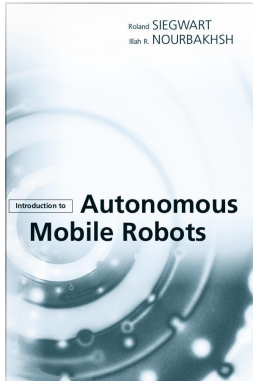
Para el taller: lectura del sonar

Polling:

- Envío un pulso: `digitalWrite` (pin como OUTPUT)
- Me quedo haciendo polling del pin (pin como INPUT), mido la diferencia de tiempo entre la subida y la bajada
- Convierto el valor a distancia.

Interrupciones

- Envío un pulso: `digitalWrite` (pin como OUTPUT)
- Ante la interrupcion me guardo el tiempo actual, y mido la diferencia.
- Ciclo principal: espera a que se dé la segunda interrupción y hacer la conversión a distancia. (**Importante:** manejar bien los estados!)



“Introduction to autonomous mobile robots”, Siegwart, Roland, Illah Reza Nourbakhsh, Davide Scaramuzza. MIT press, 2011. **Capítulo 4**