

Unidad IV

Sensores

David A. Trejo Pizzo

Departamento de sistemas

dtrejopizzo@gmail.com

Marzo, 2015

Estructura

① Introducción

Clasificación de sensores

Características

Incertidumbre

② Sensores

Sistema de balizas terrestres

Vision

③ GPS

④ Wireless Sensor Networks

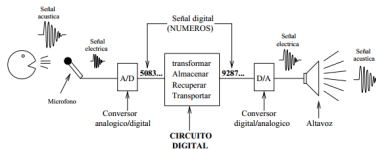
Topologías

Protocolos

Aplicaciones

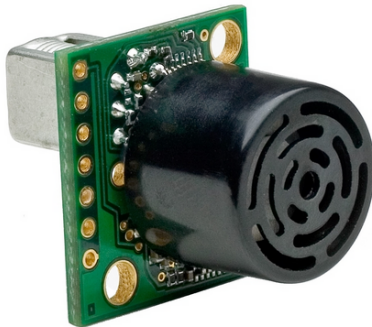
Adquisición de datos

- asasa
- asasa
- asasa



Sensores

- Es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación (impulsos), y transformarlas en variables eléctricas.



Clasificación de sensores

- Propioceptivos/exteroceptivos
 - Los sensores propioceptivos miden valores internos para el robot como por ejemplo, velocidad del motor.
 - Los sensores exteroceptivos obtienen información del entorno del robot, como la distancia a objetos.
- Activos/Pasivos
 - Los sensores pasivos utilizan la energía proveniente del medio ambiente (por ejemplo, la sonda de temperatura).
 - Los sensores activos emiten energía luego medir la reacción (por ejemplo sonar).



Tipos de sensores

Clasificación general (Uso típico)	Sensor / Sistema de sensores	PC/EC	A/P
Sensores táctiles (detección de contacto físico o proximidad, interruptores de seguridad)	Interruptores de contacto, parachoques	EC	P
	Barreras ópticas,	EC	A
	Sensores de proximidad sin contacto	EC	A
Sensores para ruedas/motor (velocidad y posición)	Codificadores tipo cepillo	PC	P
	Potenciómetros	PC	P
	Synchros (calcula ángulos de rotación)	PC	A
	codificadores ópticos	PC	A
	Encoders magnéticos	PC	A
	Encoders inductivos	PC	A
	codificadores capacitivos	PC	A
De rumbo (orientación del robot en relación a un marco de referencia fijo)	Brújula	EC	P
	Giróscopos	PC	P
	Inclinómetros	EC	A/P

Tipos de sensores

Clasificación general (Uso típico)	Sensor / Sistema de sensores	PC/EC	A/P
Balizas de localización para suelo (dentro de un marco de referencia fijo)	GPS	EC	A
	Balizas ópticas activas o RF	EC	A
	Balizas de ultrasonido activas	EC	A
	Balizas reflectantes	EC	A
Alcance activo (reflectividad, tiempo de vuelo y triangulación geométrica)	Sensores de reflectividad	EC	A
	Sensor ultrasónico	EC	A
	Telémetro láser	EC	A
	Triangulación óptica (1D)	EC	A
	Luz estructurada (2D)	EC	A
De movimiento/velocidad (velocidad relativa a objetos fijos o en movimiento)	Radar doppler	EC	A
	Sensor de sonido efecto doppler	EC	A
Basados en visión (alcance visual, análisis de imagen, segmentación, reconocimiento de objetos)	Cámaras CCD/CMOS Paquetes de seguimiento de objetos.	EC	P

Alcance y resolución

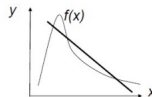
- Alcance (rango)
 - Límites inferior y superior.
 - Por ejemplo, un sensor IR mide la distancia entre 10 y 80 cm.
- Resolución
 - Es la mínima diferencia entre dos mediciones.
 - Para sensores digitales por lo general la resolución es la resolución A/D. Ejemplo: $5V/255 \text{ (8 bits)} = 0,02 \text{ V}$

Rango Dinámico

- Es usado para medir la diferencia entre los límites inferior y superior de las entradas del sensor.
- Formalmente, es la relación entre el máximo y el mínimo de entrada mensurable, normalmente en decibels (dB).
- $\text{Dynamic Range} = 10 \log [\text{UpperLimit} / \text{LowerLimit}]$
- Por ejemplo, un sensor de sonar mide hasta una distancia máxima de 3 m, con límite inferior de 1 cm.
- $\text{Dynamic Range} = 10 \log [3 / 0.01] = 24,8 \text{ dB}$

Linealidad

- Una medida de cómo la relación lineal entre la señal de salida del sensor y la señal de entrada.
- La linealidad es menos importante cuando la señal es tratada después con una computadora.
- Ejemplos:
 - Considere el rango de medición de un sensor de rango IR.
 - Sea x la medida real en metros, sea y la salida del sensor en voltios, y la función $y = f(x)$.



Ancho de banda o Frecuencia

- Es la velocidad con la que un sensor puede representar un flujo de lecturas.
 - Generalmente hay un límite superior en función del sensor y la velocidad de muestreo
 - Ejemplo: un sonar toma mucho tiempo para obtener una señal de retorno.
- Para el control autónomo, se desean frecuencias más altas.
 - Ejemplo: si una medición de GPS se produce a 1 Hz y el vehículo autónomo utiliza esto para evitar otros vehículos que estan a 1 m. de distancia.

Sensibilidad

- Relación de salida cambiará a cambio de entrada.
 - Ejemplo: un sensor de rango aumentará la tensión de salida 0,1 V por cada cm de distancia medido.
- La sensibilidad en sí es deseable, pero podría estar acoplado con sensibilidad a otros parámetros del entorno.
- Sensibilidad cruzada: la sensibilidad a los parámetros ambientales que son ortogonales a los parámetros de destino.
 - Ejemplo: algunos compases son sensibles al medio ambiente local.

Exactitud y precisión

- Exactitud es la diferencia entre la salida del sensor y el valor verdadero (es decir, $\text{error} = m - v$).
 - $\text{Exactitud} = 1 - |m - v|/v$ donde m = valor medido y v = valor real.
- Precisión es la reproducibilidad de los resultados del sensor.
 - $\text{Precisión} = \text{rango}/\text{varianza}$

Errores

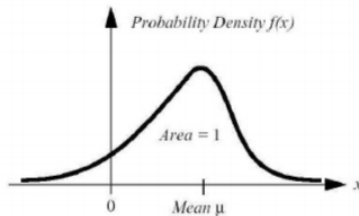
- Error sistemático
 - Determinístico.
 - Es causado por factores que pueden ser modelados (por ejemplo, distorsión óptica en la cámara).
- Error aleatorio
 - No determinístico
 - No es previsible
 - Por lo general se describe probabilísticamente

Errores

- Las mediciones en el mundo real cambian dinámicamente y son propensas a errores.
 - Cambio de iluminaciones.
 - Superficies absorbentes (luz o el sonido).
- Errores sistemáticos vs. aleatorios no están bien definidos para robots móviles.
 - Hay una sensibilidad cruzada del sensor de robot a la pose del robot y a los cambios del medio ambiente.
 - Hay difíciles para modelar el comportamiento, parecen ser al azar.

Representación

- Describir medición como una variable aleatoria X .
- Dado un conjunto de n mediciones con valores ϕ_i .
- Caracterizar las propiedades estadísticas de X con una función de densidad de probabilidad $f(x)$.



Probabilidades

El valor esperado de X es la media

$$\mu = E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$$

La varianza de X es

$$\sigma^2 = \text{var}(x) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 xf(x)dx$$

Encoders

- Un codificador óptico digital es un dispositivo que convierte el movimiento en una secuencia de pulsos digitales. Al contar un solo bit o mediante la decodificación de un conjunto de bits, los pulsos se pueden convertir en mediciones de la posición relativa o absoluta.
- Codificadores ópticos son sensores propioceptivos.
- Se puede integrar la señal para obtener la posición del robot.
- Dos tipos principales:
 - Codificadores absolutos: miden la orientación actual de la rueda.
 - Codificadores incrementales: miden el cambio en la orientación de una rueda.

Sensores de rango

Los sensores de rango hacen uso de la velocidad de propagación de ondas sonoras o electromagnéticas respectivamente.

La distancia recorrida por una onda esta dada por: $d = c * t$

- d = distancia recorrida
- c = velocidad de propagación de las ondas
- t = tiempo

Sensores de rango

- Para sonido: $v = 0.3 \text{ m/ms}$
- Para ondas electromagneticas: $v = 0.3 \text{ m/ns}$

Si la distancia fuera de 3 metros, entonces

- $t_{ultrasonic} = 10 \text{ ms}$
- $t_{laser} = 10 \text{ ns}$ (laser es dificil de medir, además son caros)

Sensores de rango - Calidad

La calidad de los sensores de rango dependerá de:

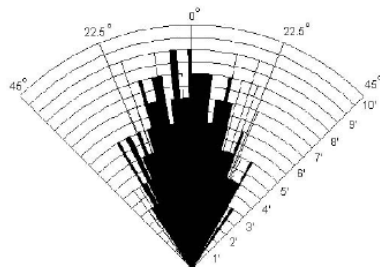
- Las incertidumbres del tiempo de llegada de la señal reflejada.
- Las imprecisiones en el tiempo de medida de vuelo (láser).
- Ángulo de haz transmitido (sonido).
- Interacción con el objetivo (reflexiones especulares).
- Variación de la velocidad de propagación.

Sensores de rango - Ultrasonido

- El sensor transmite un paquete de ondas de presión por ultrasonido $d = ct/2$
- La velocidad del sonido c es 340 m/s en el aire
 - $c = \sqrt{\gamma RT}$
 - γ es la relación de calores específicos.
 - R = constante de los gases.
 - T = temperatura en grados Kelvin.

Sensores de rango - Ultrasonido

- Frecuencia típicamente 40 - 180 kHz
- La onda generada por el transductor piezoeléctrico.
- El receptor puede coincidir con el transmisor (Problema con objetos muy cercanos, tiempo ciego).
- El haz de sonido no se propaga en el cono, sino en puntos.



Detectores de rumbo

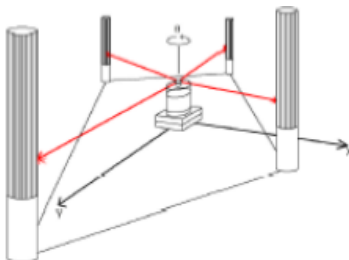
- Se puede determinar la orientación y la inclinación del robot.
- Pueden ser propioceptivos (giroscopio, por ejemplo) o exteroceptivos (brújula, por ejemplo).
- Se utilizan junto a la información de velocidad de los codificadores para obtener una estimación de la posición del robot.

El compas

- Más de 4000 años de antigüedad.
- Utiliza el campo magnético de la Tierra para proporcionar medida absoluta para la orientación.
- Desventajas: el campo magnético de la Tierra es débil. El campo es fácilmente perturbado por otros objetos magnéticos.
- No es confiable para ambientes interiores.

Sistema de balizas terrestres

- Se utiliza para la localización.
- Utilizado por los seres humanos (por ejemplo, las estrellas, los faros).
- Las balizas pueden ser activas o pasivas.
- Conociendo la ubicación de las balizas se puede realizar la localización.
- El problema es que no son flexibles.



Auto calibración PseudoLite K9



K9-SCPA field trial at the Marscape 02/11/04

Sistemas de visión

- La visión es nuestro sentido más poderoso porque nos proporciona una enorme cantidad de información sobre el medio ambiente, sin tener contacto directo.
- Se aplica mucho esfuerzo en equipar máquinas con visión.

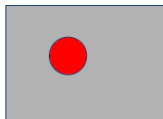


Sistemas de visión

- La visión es también nuestro sentido más complicado. Si bien podemos reconstruir puntos de vista con alta resolución en papel, la comprensión de cómo el cerebro procesa la información todavía no esta muy desarrollada.
- Sensores de alcance visual en estéreo.
- El movimiento y el flujo óptico.
- Sensores de seguimiento por color.

Visión Monocular

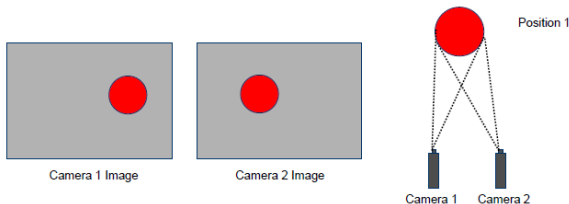
- Problema con visión monocular es que no se puede saber hasta qué punto algo es del robot. No Distancia de la información!
- Observa la siguiente imagen de una pelota de color rojo:



- Dependiendo del tamaño de la bola, podría estar situada más cerca (posición 2) o más (posición 1) de la cámara

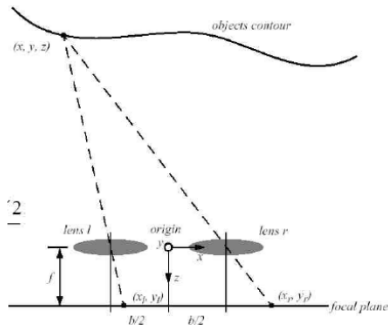
Visión estéreo

- El uso de dos cámaras proporciona información suficiente para darnos la gama a la pelota.
- La intersección de los dos conos debe ser donde la pelota descansa.



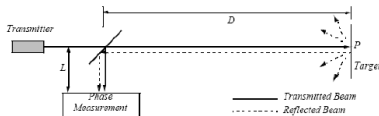
Visión estéreo

- Considere la posibilidad de geometría idealizada cámara.
- Comparar proyección de una diana en 2 planos de imagen.

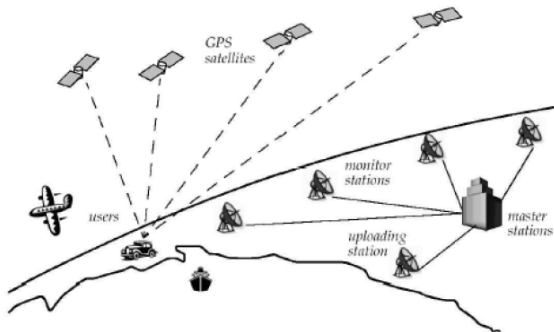


Laser

- Rayos transmitidos y recibidos coaxiales.
- El transmisor se ilumina con un haz blanco.
- El receptor detecta el tiempo necesario para ida y vuelta.
- Se puede obtener información 2D y 3D utilizando barridos en espejo



Global Positioning System (GPS)



Global Positioning System (GPS)

- Desarrollado para uso militar.
- Ahora accesible para uso comercial (por ejemplo, senderismo, vuelo, etc.).
- Hay 24 satélites que orbitan la Tierra cada 12 horas a la altura del +20 km.
- Hay 4 satélites situados en cada uno de 6 planos inclinados a 55 grados respecto al Ecuador.

Global Positioning System (GPS)

- Se utiliza un receptor GPS para medir el tiempo de vuelo de varios satélites al receptor. El sistema requiere:
 - Tiempo de sincronización entre satélites y el receptor. (relatividad, dilatación temporal).
 - Conocida la posición de los satélites.
 - La medición precisa del tiempo de vuelo.
 - La superación de la interferencia con otras señales.

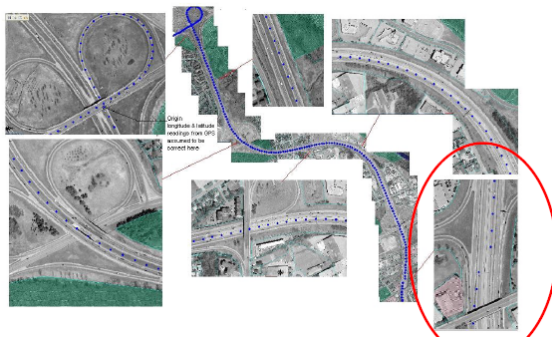
Global Positioning System (GPS)

- Sincronización de la hora:
 - Los relojes atómicos de cada satélite se controlan desde las estaciones terrestres.
- Ubicación conocida de los satélites:
 - Una serie de estaciones terrestres ampliamente distribuidas controlan los satélites.
 - Un análisis de las mediciones de la estación maestra y la posición de cada satélite se transmite a las estaciones de base.

Global Positioning System (GPS)

- Medición precisa:
 - Satélites transmiten (al mismo tiempo) el tiempo actual y la ubicación.
 - Las diferencias de hora de llegada informar al receptor de la distancia relativa a cada satélite.
 - Se necesita de cuatro satélites para resolver por (x, y, z) y la corrección T de reloj
- Los sensores GPS regulares y de buena calidad, pueden obtener una precisión de 10-15 metros.
- Con un segundo receptor de posición conocida, el GPS diferencial (DGPS) se puede corregir el error hasta 1 metro.
- Fase de portador puede obtener resolución DGPS hasta 1 centímetro (solo en aplicaciones de defensa).

Global Positioning System (GPS)



Redes de sensores inalámbricos

- A pesar de que los sensores inalámbricos ha limitado los recursos en la memoria, potencia de cálculo, el ancho de banda, y la energía.
- Con un tamaño pequeño. Puede ser integrado en el entorno físico.
- Soporte potente servicio en forma agregada (interacción / colaboración entre los nodos).
- Multi-hop redes ad-doc de auto-organización.
- Computación ubicua / sensorización.

Redes de sensores inalámbricos

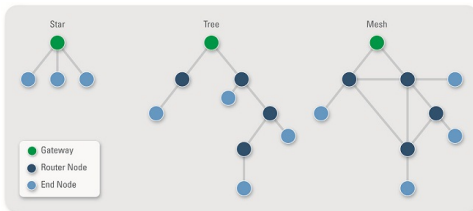
- Consisten en grupos de dispositivos que utilizan tecnologías de sensores desplegados en un área específica.
- Se comunican datos de manera inalámbrica a un sistema central.
- Las redes de sensores supervisan continuamente los procesos químicos, físicos o propiedades magnéticas, utilizando la infraestructura de comunicaciones existente.

Nodos (motes)

- Se compone de muchos nodos sensores minúsculos, cada una equipada con un transceptor de radio, un microprocesador y un número de sensores.
- Cada nodo tiene una capacidad de procesamiento autónoma, los datos pueden ser procesados a medida que pasan a través de la red.
- Dadas las limitaciones de los equipos y el entorno físico y niveles de alta demanda con la que los nodos deben operar, algoritmos y protocolos deben ser diseñados para proporcionar el consumo de energía fuerte y eficiente.

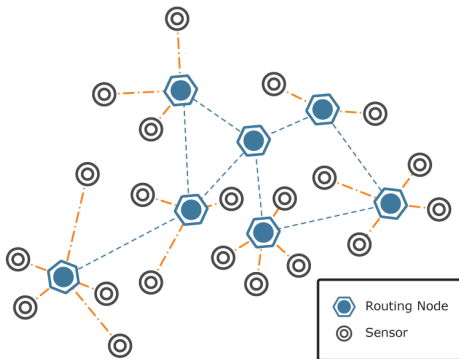
Topologías

- Estrella: todos los nodos conectados a un punto de enlace.
- Arbol: nodos conectados a routers, a su vez conectados en un gateway central.
- Red: nodos conectados a routers, a su vez interconectados entre si y terminados en un gateway central.



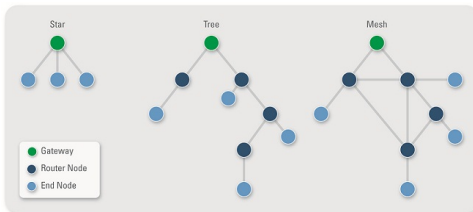
Redes mesh

- Permiten que los datos "salten" de un nodo a otro. Cada nodo es capaz de comunicarse entre sí, generando multiples rutas o "paths".



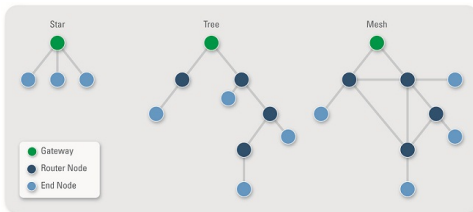
asas

-
-
-



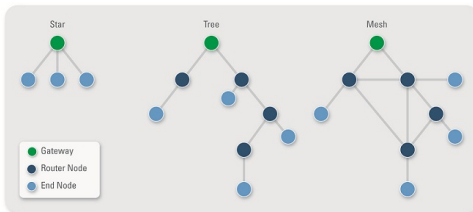
a

-
-
-



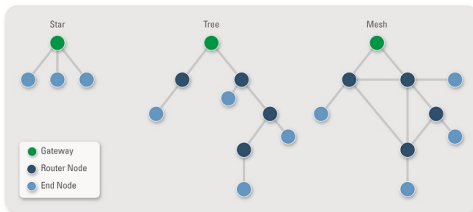
a

-
-
-



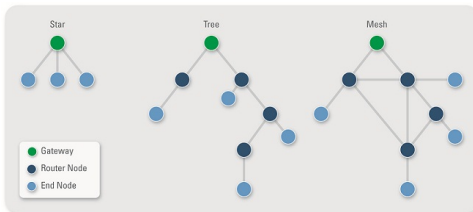
asas

-
-
-



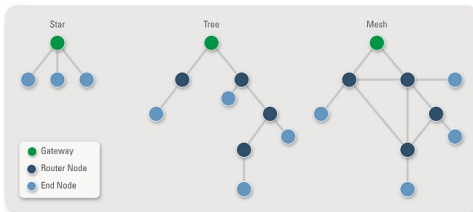
asas

-
-
-



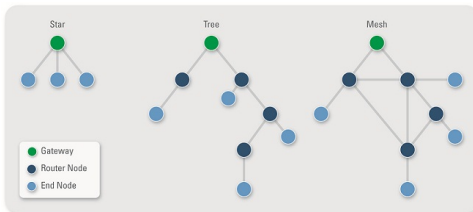
asas

-
-
-



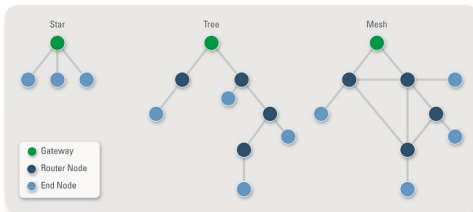
Agricultura

-
-
-



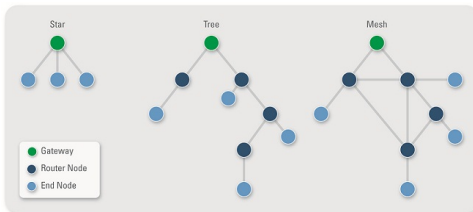
Control de plagas

-
-
-



Interaccion entre personas

-
-
-



Trafico inteligente

-
-
-

