

Fundamentos de Navegación Autónoma de Robots

3-Sensores

Dr. Nelson ACOSTA

nacosta@exa.unicen.edu.ar

INCA/INTIA – Facultad de Ciencias Exactas
UNCPBA – Tandil – 2011



Contenido de esta clase:

- Introducción a sensores
- Clasificación
- Tipos de sensores
- Odometría
- Sensores activos
- Codificadores angulares
- Láser
- Radar / Sonar
- Orientación
- Balizas



Introducción a Sensores



¿Como ve el mundo el robot?

- Por medio de sensores...
 - 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, ruidosos e inexactos



Señales / Símbolos

Un sensor no proporciona símbolos:

- Es necesaria 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 (para reconocer un objeto)



Sensorización de un robot

Diseño de la sensorización de un robot:

- La naturaleza evoluciona sensores para resolver problemas: **ojos** de las **moscas/hombres**.
- 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 .



Ejemplos:

- **Cómo detectaríamos la presencia de intrusos en una sala?**
 - Temperatura
 - Movimiento
 - Perfil
 - Color

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



Clasificación de sensores

Qué?:

- Sensores internos
 - Mide valores internos del sistema del robot (*velocidad del motor, velocidad de desplazamiento, carga de cada rueda, orientación del robot, estado de baterías*)
- Sensores externos
 - Adquiere información del ambiente del robot (*distancia a obstáculos, intensidad de la luz ambiente, ubicación en el plano, ...*)

Cómo?:

- Sensores pasivos
 - Miden la energía del ambiente
- Sensores activos
 - Emiten su propia energía y miden la reacción
 - Mejor desempeño, pero lo influencia el ambiente

Clasificación General (uso típico)	Sensor (sistema de sensores)	Ext o Int	Act Pas
Táctiles (<i>detección de contacto físico o cercanía, llaves de seguridad, fines de carrera</i>)	Paragolpes	E	P
	Barreras ópticas	E	A
	Sensores de proximidad	E	A
Motores y ruedas (<i>velocidad y posición</i>)	Codificadores rotatorios escobilla	I	P
	Potenciómetros	I	P
	Synchro resolver	I	A
	Codificadores rotatorios ópticos	I	A
	Codificadores rotat. magnéticos	I	A
	Codificadores rotat. Inductivos	I	A
	Codificadores rotat. capacitivos	I	A
Orientación del robot (<i>en relación con eje de referencia</i>)	Compass	E	P
	Gyroscopo	I	P
	Inclinómetro	E	A/P

Clasificación General (uso típico)	Sensor (sistema de sensores)	Ext o Int	Act Pas
Marcas Fijas en tierra <i>(localización en referencia fija)</i>	GPS	E	A
	Faros por RF u ópticos	E	A
	Faros por ultrasonido	E	A
	Faros por reflexión	E	A
Medición activa <i>(reflexión, tiempo de vuelo, triangulación geométrica)</i>	Sensores por reflexión	E	A
	Ultrasonido	E	A
	Laser rangefinder	E	A
	Triangulación óptica (1D)	E	A
	Luz estructurada (2D)	E	A
Movimiento / Velocidad	Radar doppler	E	A
	Sonido doppler	E	A
Visión <i>(medición visual, análisis de imagen, segmentación, reconocimiento de objetos)</i>	Cámaras CCD/CMOS	E	P
	SW de medición visual	E	P
	SW seguimiento de objetos	E	P



Odometría:

- El término implica el cálculo del desplazamiento del vehículo a lo largo del camino viajado, directamente derivado de algunos instrumentos a-bordo.
- Un instrumento muy utilizado es los **codificadores ópticos** directamente acoplados al eje del motor y/o al eje de cada rueda.
- Hay una variedad de sensores de velocidad rotacional y de desplazamiento en uso:
 - Codificadores por escobilla.
 - Potenciómetros.
 - Synchros.
 - Resolvers.
 - Codificadores ópticos.
 - Codificadores Magnéticos.
 - Codificadores Inductivos.
 - Codificadores Capacitivos.



Comportamiento de respuesta

- **Rango Dinámico:** coeficiente entre los valores límites (*mínimo y máximo*), usualmente en decibeles (dB, power)
- Medición de potencia de 1 mW a 20 W

$$10 \cdot \log \left[\frac{20}{0.001} \right] = 43 \text{ dB}$$

- Medición de voltaje de 1 mV a 20 V

$$20 \cdot \log \left[\frac{20}{0.001} \right] = 86 \text{ dB}$$



Respuesta de los sensores

- Rango
 - Límite superior / Límite inferior
- Resolución
 - Mínima diferencia entre dos valores consecutivos
 - Normalmente coincide con el límite inferior del rango dinámico
 - Suelen depender de la resolución del conversor A/D.
- Linealidad
 - Variación de la señal de salida como función de la señal de entrada
- Ancho de banda o Frecuencia
 - La velocidad con la que un sensor puede comenzar a transmitir
 - La cantidad de datos por segundo que puede transmitir

Sensibilidad de los sensores

- Sensibilidad

- Factor de cambio en entrada y cambio en salida

- Cross-sensibilidad (*y cross-talk*)

- Sensibilidad a otros parámetros ambientales
- Influencia de otros sensores

- Error / Precisión

- Diferencia entre la salida del sensor y el valor verdadero

$$\left(accuracy = 1 - \frac{m - v}{v} \right) \quad \text{error}$$

$m = \text{measured value}$
 $v = \text{true value}$



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, . . .



Tipos de Sensores

Clasificación



Clasificación de Sensores

- **Internos:** información sobre el propio robot
 - Posición (*potenciómetros, inductivos, 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

■ Características:

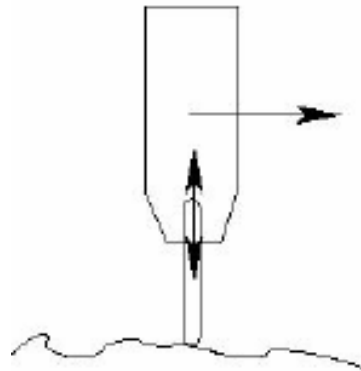
- **Sensores PASIVOS:** simplemente miden señales del entorno. PEj., interruptores, luz, botones, etc.
- **Sensores ACTIVOS:** producen un estímulo y miden su interacción en el entorno. Necesitan más energía, más procesamiento. PEj., Ultrasonido, láser, infrarrojos etc.



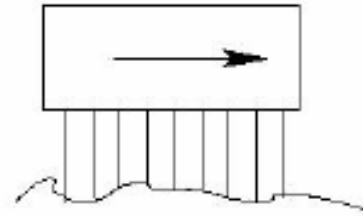
Sensores de interruptor

- Sensor sencillo, pasivo y puede ser interno o externo
- **Principio básico:** Circuito abierto/cerrado (*pasa corriente, o no pasa*).
- Necesitan poco procesamiento a nivel electrónico.
- **Usos variados:**
 - **Contacto:** el robot choca con algo (ej. *detector de pared*)
 - **Limite:** 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

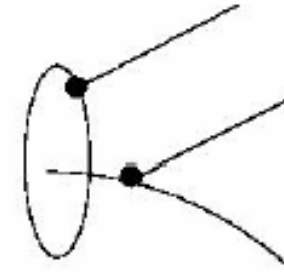
Sensores de tacto



Dedo



Púas

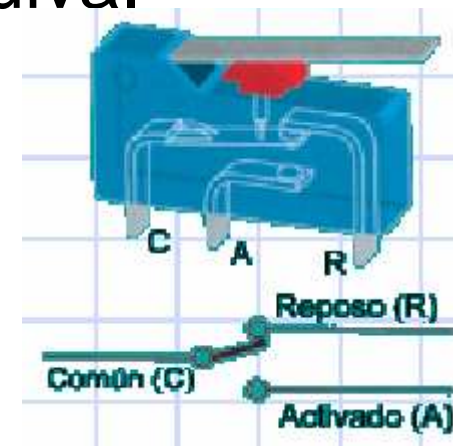


Bigotes

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

Sensores de contacto

- Estos sensores mecánicos nos indican cuando se produce un impacto o contacto, son como interruptores.
- **Utilidad:** Robots que navegan por un entorno y si nota objetos, los esquiva.
- Ejemplo (*Bumper*):





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** : opto-interruptores (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

Sensores de luz

- Estos sensores detectan simplemente la luz que les llega y se comportan como una resistencia que varía con la intensidad de la luz.
- **Utilidad:** Robots fotófobos o fotófilos.
- Ejemplo (**LDR**):





Sensores Activos



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 fotorresistencias son más sencillas pero más lentas*).



Fotosensores activos: uso

- 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.



Fotosensor activo: **problemas**

- La reflexión depende del color y de las características 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 Infrarrojos (IR)

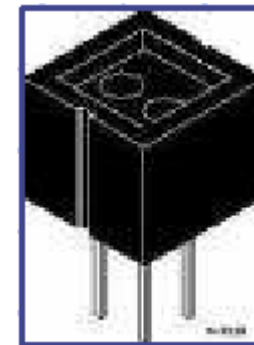
- Probablemente los sensores de no-contacto más extendidos
- Un tipo de sensor de luz que utiliza la parte del espectro del infrarrojo
- Para distinguir la reflexión del infrarrojo ambiente se suele modular (100Hz usualmente)
- Sensores activos: emisor y receptor
- Se usan de la misma forma que los sensores 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 la d^{-2} (rango máximo entre 50 a 75 cm)

Sensores infrarrojos

- Estos sensores hacen rebotar luz infrarroja y la recogen, así identifican la claridad del objeto que han iluminado.

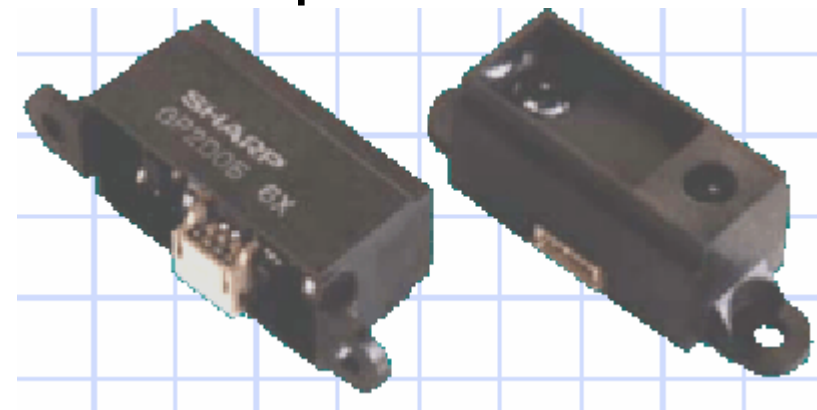
- **Utilidad:** Robots que siguen líneas pintadas en el suelo.

- Ejemplo (**CNY70**):



Sensores de distancia

- Estos sensores tienen un emisor y un receptor de luz, recogen la luz que emiten al rebotar en los objetos y calculan la distancia a la que esta.
- **Utilidad:** Robots en laberintos para la navegación.
- Ejemplo (**GP2Dxx**):





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:** numero 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.
- ¿Como detectar el cambio de dirección?
- Ruido de los efectores (*las ruedas patinan y deslizan*)



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

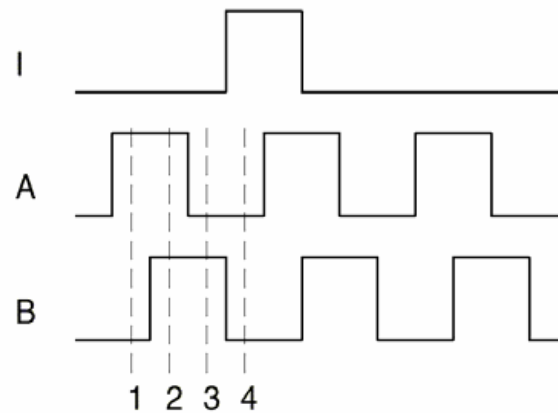
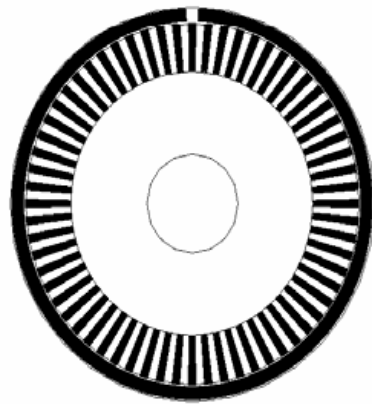
- Sensor interno, pasivo, (simple?).
- Miden la aceleración
- **Usan la inercia:** un muelle que se estira
- Se usan relativamente poco
- Problemas de oscilación (*falsas medidas*)



Codificadores Angulares

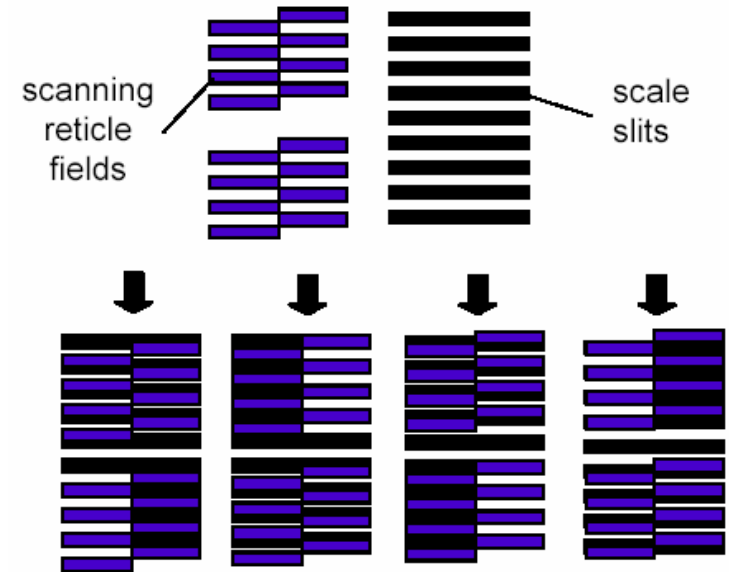
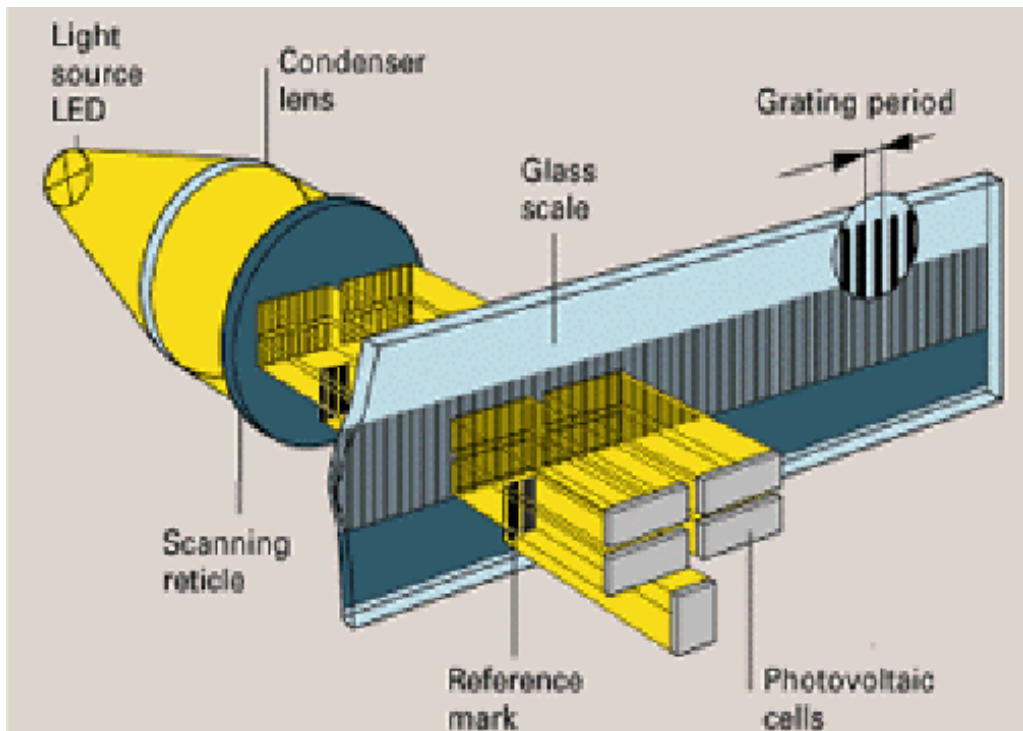
Codificadores angulares

- Miden la posición o velocidad de ruedas o dirección
- Permiten el cálculo odométrico (*estimación de posición en referencia a un punto fijo, con movimientos cortos*)
- **Resoluciones típicas:** 64 - 2048 pasos por revolución

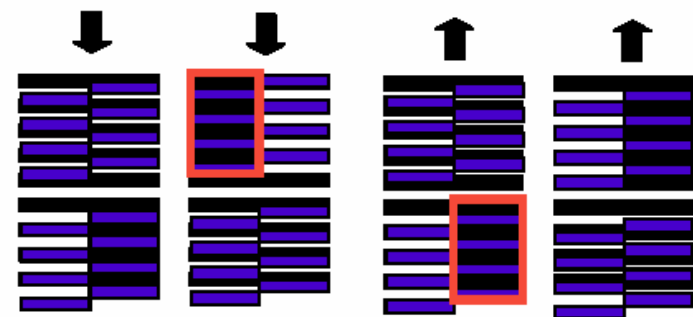


State	Ch A	Ch B
S ₁	High	Low
S ₂	High	High
S ₃	Low	High
S ₄	Low	Low

Codificadores angulares

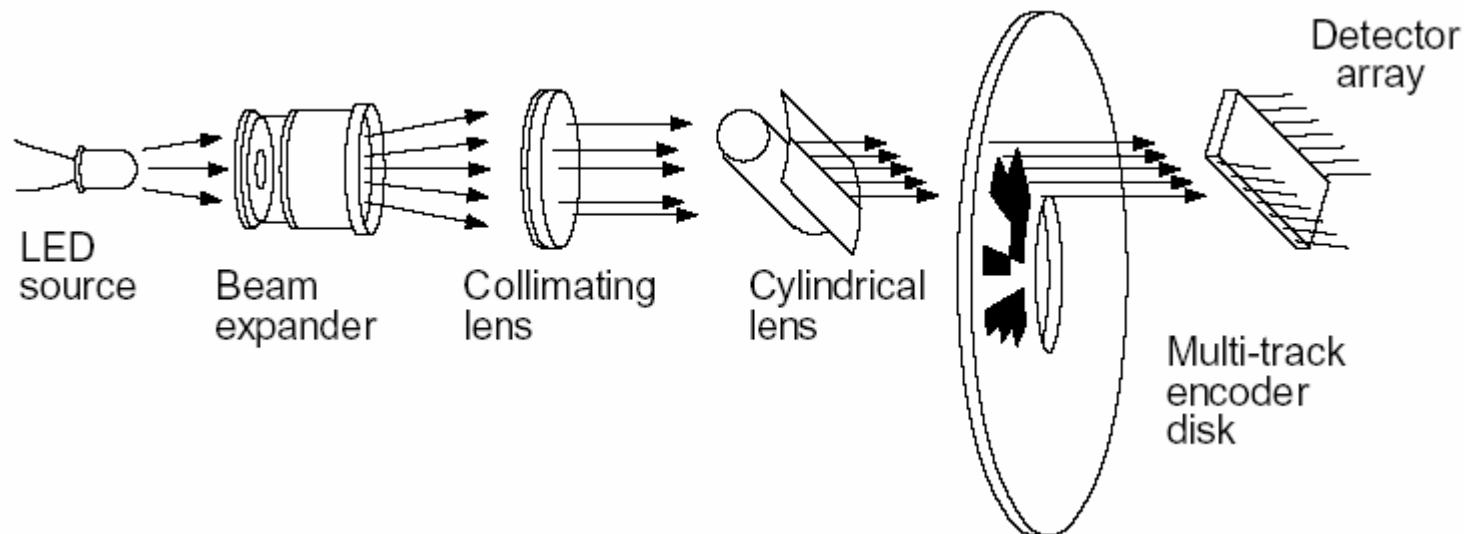


Notice what happens when the direction changes:



Codificadores angulares

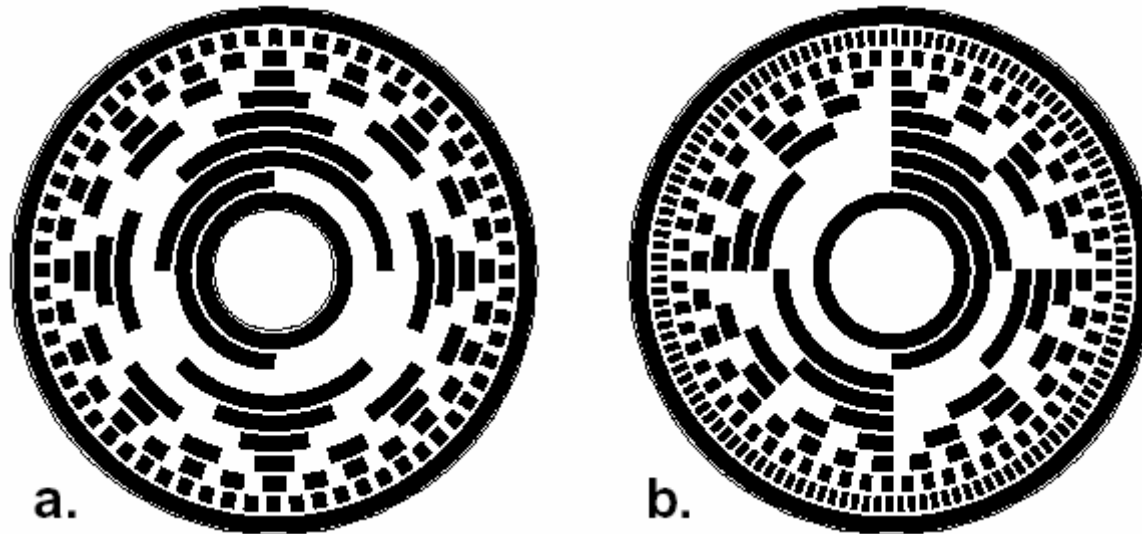
Una línea de luz pasa a través de un patrón codificado de segmentos opacos y transparentes sobre el disco rotatorio, lo que resulta en una salida paralela que especifica la posición angular **absoluta** del eje



Codificadores angulares

Disco rotatorio codificado en 8-bit:

- a) **GRAY**. Rotando en sentido de las agujas de reloj por un incremento de posición causa el cambio en un bit
- b) **BINARIO**. Rotando en sentido de las agujas de reloj por un incremento de posición puede causar que todos los bits cambien (en particular de 255 a 0 en la posición de 12 en punto).





Problema de encoders

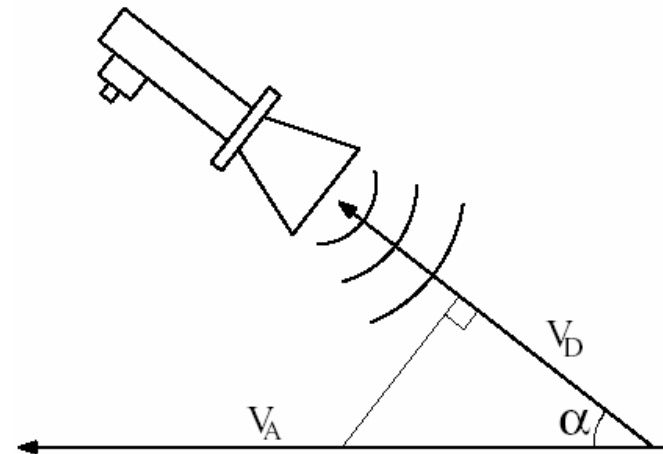
- El desplazamiento medido por sensores rotacionales directamente desde el eje de rotación de la rueda pueden afectar los parámetros de navegación.
- **Pueden aparecer problemas por:**
 - Deslizar sobre el piso
 - Patinar sobre el piso
 - Diferencia en la presión de inflado de los neumáticos
- En muchas aplicaciones se debe usar medición por Doppler o navegación inercial para reducir esos errores.



Radares o Sonares

Sensor o Radar Doppler

- El radar de microondas trabaja típicamente a 45° de ángulo para medir el movimiento del piso.



where

V_A = actual ground velocity along path

V_D = measured Doppler velocity

α = angle of declination

c = speed of light

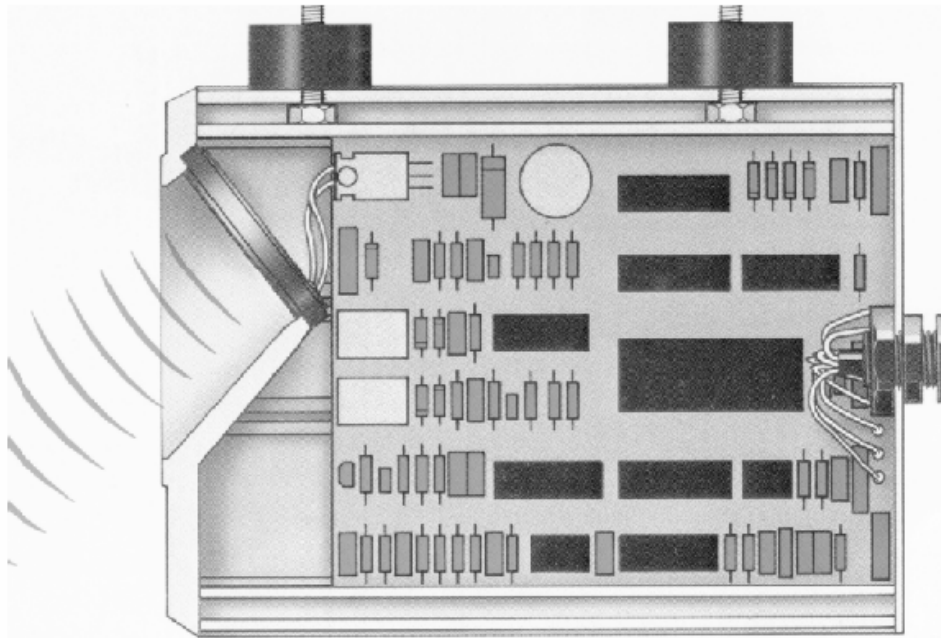
F_D = observed Doppler shift frequency

F_0 = transmitted frequency.

$$V_A = \frac{V_D}{\cos\alpha} = \frac{cF_D}{2F_0 \cos\alpha}$$

Track-Star ultrasonic speed sensor Micro-TRACK

- Es uno de los sensores comerciales
- Fue diseñado para aplicaciones en el agro



Parameter	Value	Units
Speed range	17.7	m/s
	0-40	mph
Speed resolution	1.8	cm/s
	0.7	in/s
Accuracy	$\pm 1.5\% + 0.04$	mph
Transmit frequency	62.5	kHz
Temperature range	-29 to +50	$^{\circ}\text{C}$
	-20 to +120	$^{\circ}\text{F}$
Weight	1.3	kg
	3	lb
Power requirements	12	VDC
	0.03	A



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 aproximadamente 35 cm por milisegundo (*a 20 grados Celsius*).
- El sonar de los murciélagos es mucho más sofisticado: *múltiples frecuencias, gran resolución, permite comunicaciones, . . .*



Ejemplo. Sensores Polaroid

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



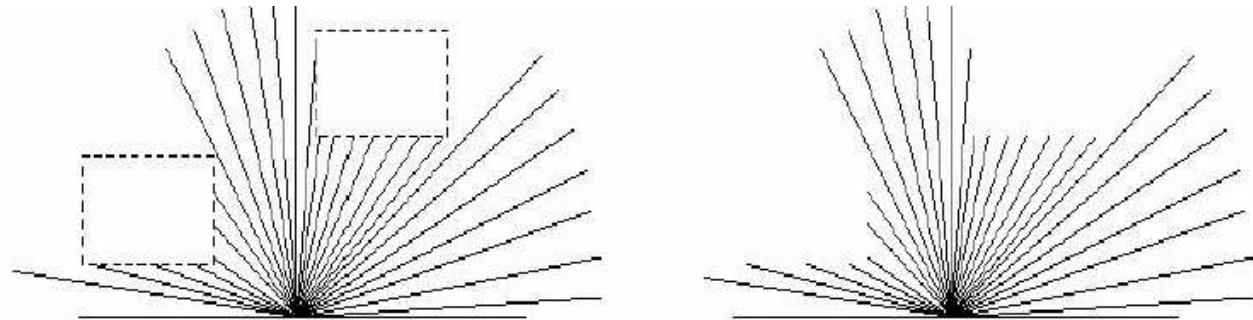
Problemas con ultrasonidos

- 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)
- Las medidas de objetos lejanos pueden ser muy erróneas
- **Ejemplo:** un robot que se acerca a una pared con muy poco ángulo puede "*no verla*".
- ¿Que ocurre cuando varios robots usan ultrasonidos?



Láser

Sensores láser

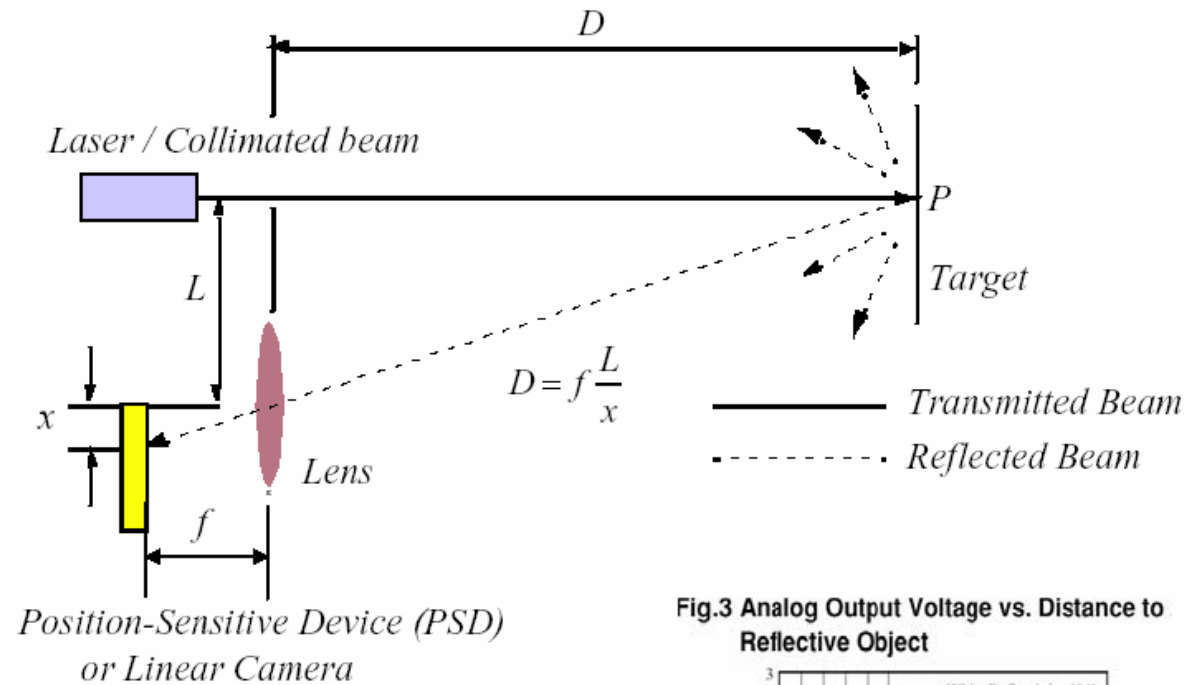


- Mismo principio que en los ultrasonidos: medir tiempo de eco
- Mucho más precisos que los ultrasonidos
- El Sick proporciona medidas en 180 grados, cada medio grado, a 20 Hz, con resolución de 1-2 cm.

Inconveniente: precio

- Otros sensores de tiempo de vuelo:
RADAR (RADio Detection And Ranging)

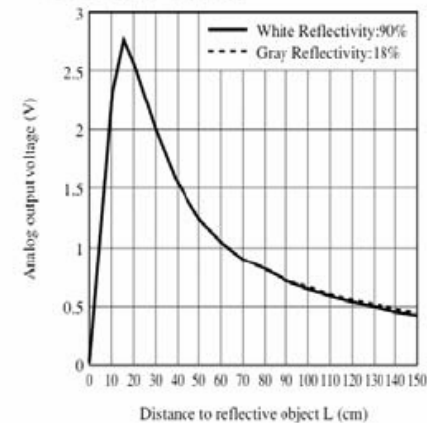
Triangulación Láser



Principle of 1D laser triangulation.

$$D = f \frac{L}{x}$$

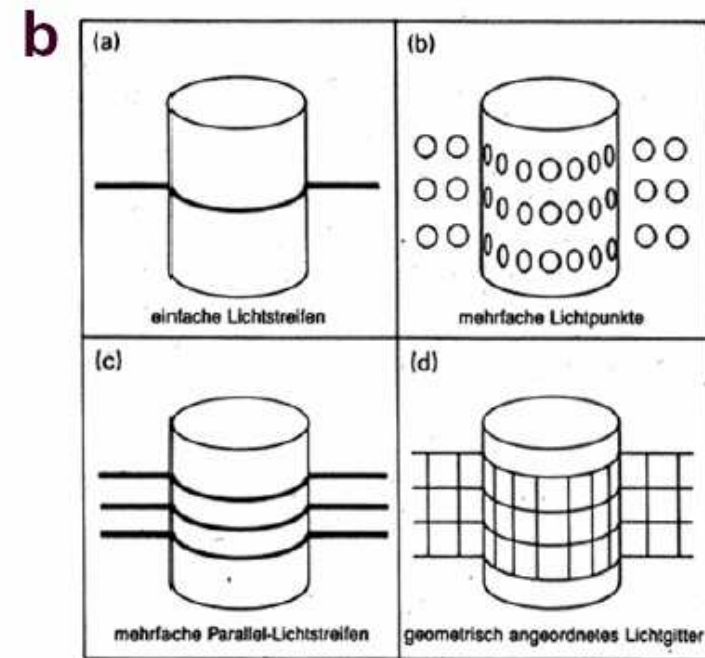
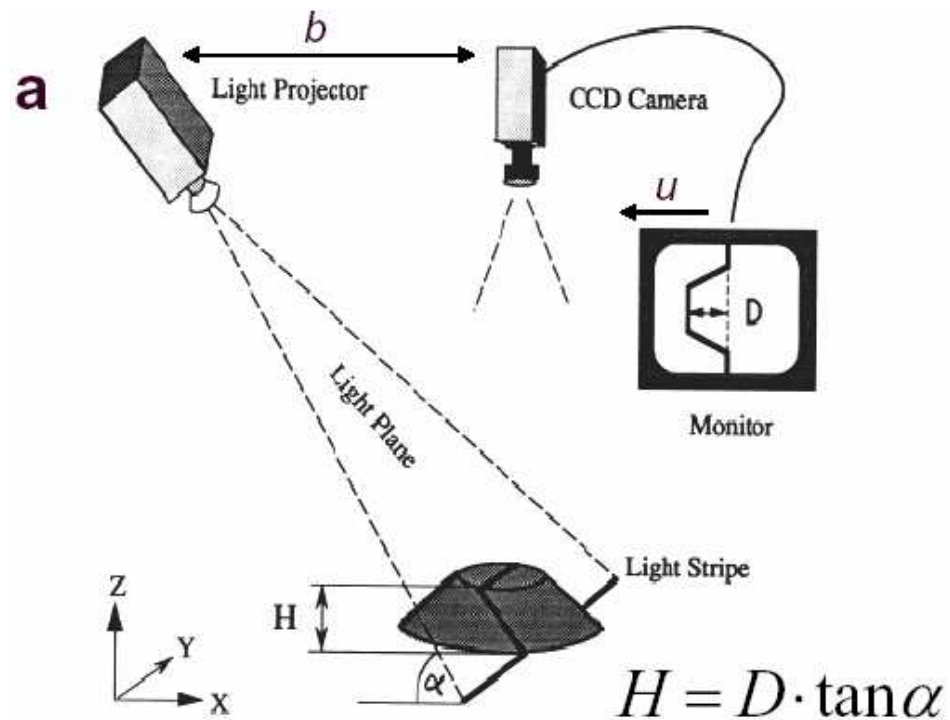
Fig.3 Analog Output Voltage vs. Distance to Reflective Object



Triangulación Láser

Elimina el problema del cálculo de correspondencia al proyectar una luz estructurada (láser) sobre la escena.

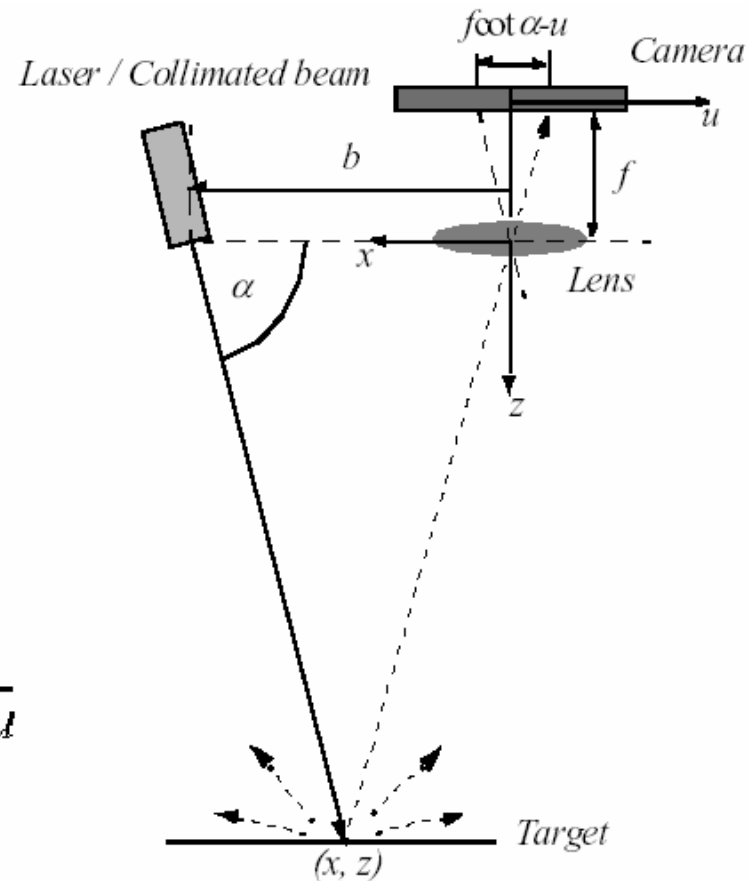
La ubicación de un punto iluminado puede ser determinado por simple geometría



Triangulación Láser

- One dimensional schematic of the principle
- From the figure, simple geometry shows that:

$$x = \frac{b \cdot u}{f \cot \alpha - u} ; \quad z = \frac{b \cdot f}{f \cot \alpha - u}$$



Transmitted Beam ———
 Reflected Beam ·····

Triangulación Láser

- Range resolution is defined as the triangulation gain G_p :

$$\frac{\partial u}{\partial z} = G_p = \frac{b \cdot f}{z^2}$$

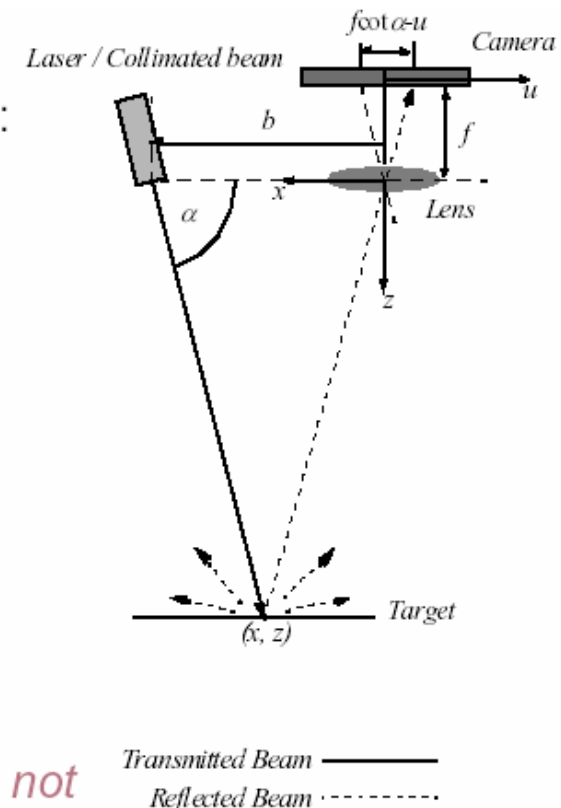
- Influence of α :

$$\frac{\partial \alpha}{\partial z} = G_\alpha = \frac{b \sin^2 \alpha}{z^2}$$

- Baseline length b :
 - the smaller b is the more compact the sensor can be.
 - the larger b is the better the range resolution is.

Note: for large b , the chance that an illuminated point is not visible to the receiver increases.

- Focal length f :
 - larger focal length f can provide
 - either a larger field of view
 - or an improved range resolution
 - however, large focal length means a larger sensor head





Orientación



Sensores de Orientación

- Pueden ser Internos (gyroscopo, aceleración) o Externos (compass, inclinómetro).
- Se usan para determinar la orientación e inclinación del robot.
- Permiten, con la información de velocidad, integrar el movimiento para determinar una posición estimada.
- Este procedimiento es llamado **deduced reckoning** (ship navigation)



Compass

- 2000 años antes de Cristo
 - Cuando los chinos suspendieron un alambre de magnetita para obtener la orientación y la usaron para guiar vehículos.
- Campo magnético de la tierra
 - Medición absoluta de la orientación.
- Gran variedad de soluciones para medir el campo magnético de la tierra
 - Compass magnético mecánico
 - Medición directa del campo magnético (*efecto Hall, sensores magnetoresistivos*).
- **Desventajas:**
 - Debilidad del campo terrestre
 - Fácilmente modificado por objetos magnéticos u otras fuentes
 - No utilizable en ambientes interiores

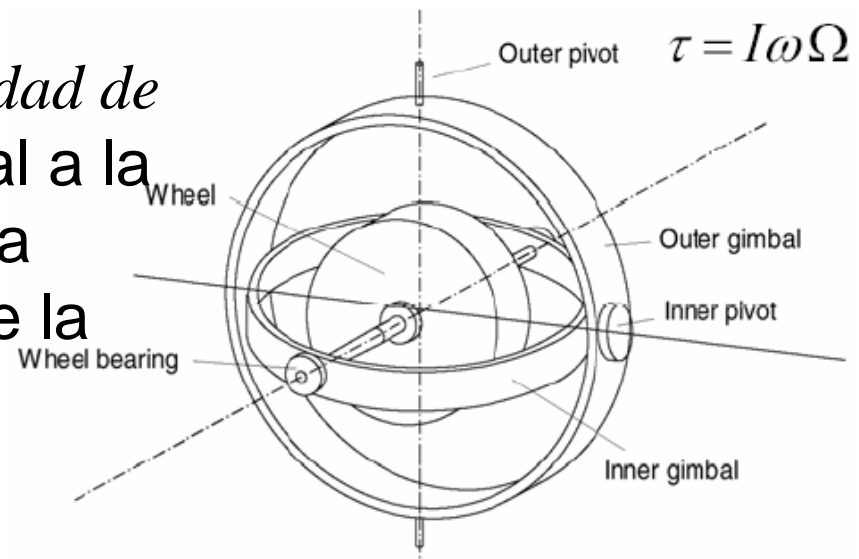


Gyroscoopo...

- Sensores de orientación respecto a un marco fijo
- Dos categorías (*mecánica y óptica*)
 - Gyroscopos **Mecánicos**
 - Gyros estándar (*ángulo*)
 - Gyros Rate (*velocidad*)
 - Gyroscopos **Ópticos**
 - Gyros Rate (*speed*)

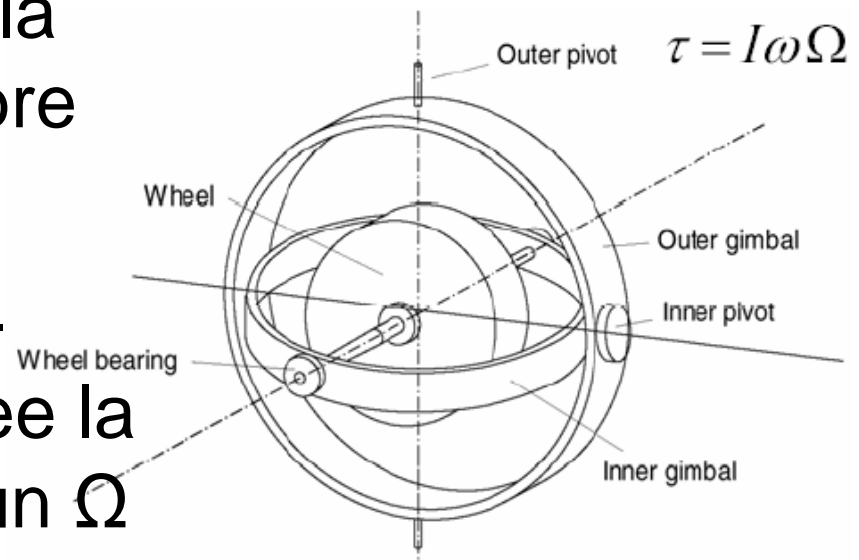
Gyros copos mecánicos

- **Concepto:** las propiedades iniciales de un rápido rotor
- El momento angular asociado con el giro de un rotor, mantiene el eje del giróscopo inercialmente estable
- El torque reactivo τ (*estabilidad de permanencia*) es proporcional a la velocidad de rotación ω , a la velocidad Ω y a la inercia de la rueda I .



Gyroscopos mecánicos

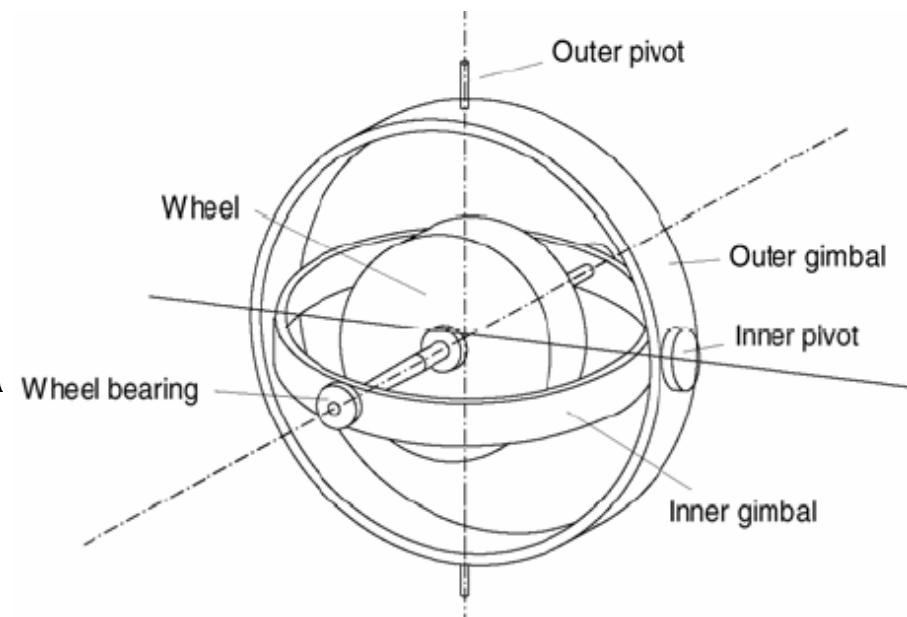
- **Calidad:** 0.1° en 6 horas
- Si el eje de rotación está alineado con el meridiano norte-sur, la rotación de la tierra no tiene efecto sobre el eje horizontal del gyro
- Si la orientación es este-oeste, el eje horizontal lee la rotación de la tierra según $\Omega = \omega T /$



Rate Gyros

- En algunos casos pueden ser afectados por la torsión, permitiendo medir velocidad angular en lugar de orientación.
- Otros gyros más simples, usan la fuerza de Coriolis para medir cambios de rumbo.

$$\tau = I\omega\Omega$$

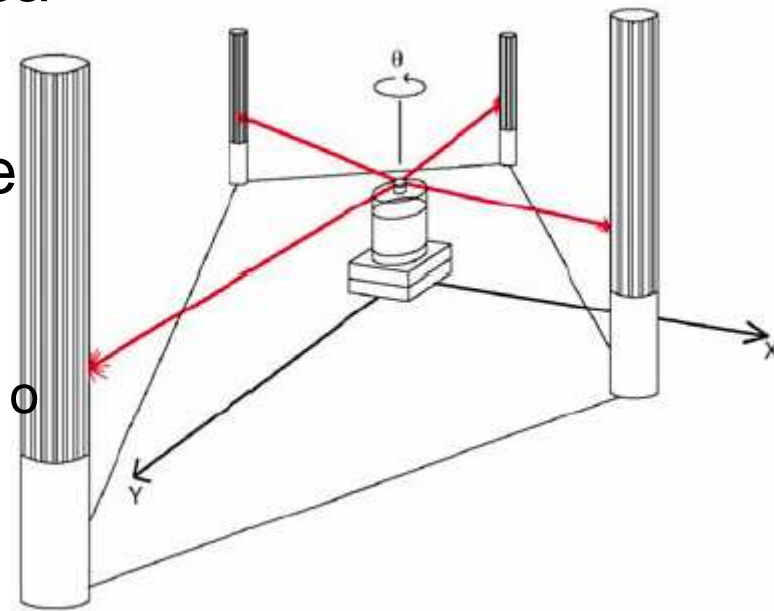




Balizas

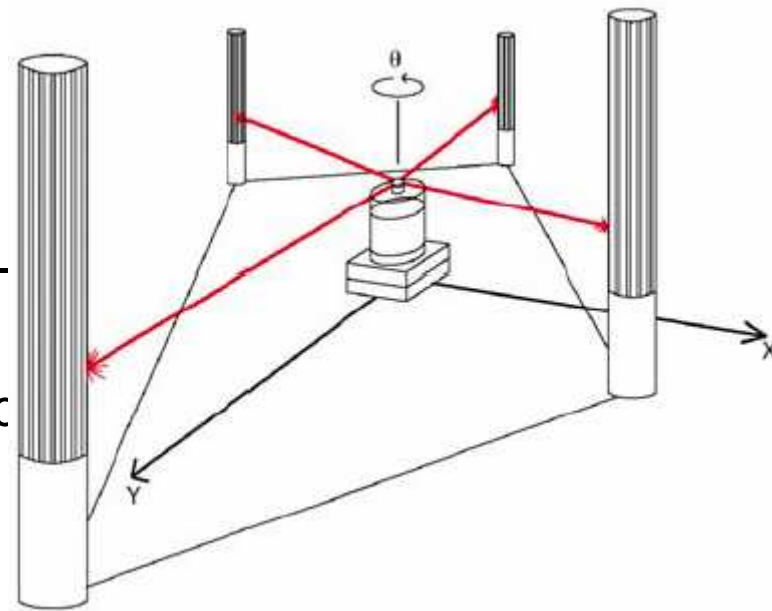
Balizas activas de tierra

- Es la forma más “elegante” de resolver los problemas de localización en robotica movil
- Las balizas son señales que pueden calcular de forma precisa la posición
- Las balizas se han usado desde siempre en los viajes
 - Balizas naturales (marcas del terreno) como estrellas, montañas o el sol
 - Balizas artificiales son los faros



Balizas activas de tierra

- El **Global Positioning System** (GPS) revolucionó tecnología de la navegación
 - Por lo menos para la navegación outdoor, para indoor GPS no funciona (*o no lo hace del todo bien*)
- Desventajas del uso de balizas indoor:
 - Requiere cambios en el ambiente - costo.
 - Limita la flexibilidad y adaptabilidad en los cambios de los ambientes.





GPS

- Diseñado para uso militar
- Es accesible para aplicaciones civiles y comerciales
- Usan 24 satélites en órbita cada 12 horas a 20190km.
- 4 satélites son localizados en 6 planos (*55 grados con respecto al plano del ecuador de la tierra*).
- La localización de cualquier receptor **GPS** es determinado por la medición del tiempo de vuelo de la señal
- Desafíos técnicos:
 - Sincronización de horaria entre los satélites y los receptores GPS
 - Actualización en tiempo real de la ubicación exacta de cada satélite
 - Medición precisa del tiempo de vuelo de la señal
 - Evitar las interferencias con otras señales



GPS

- Sincronización de tiempo:
 - Uso de relojes atómicos en cada satélite
 - Control desde diferentes estaciones terrestres.
- Importancia de la ULTRA-Precisión de la sincronización
- Aproximadamente 0.3m por nanosegundo
 - La precisión en la localización depende de la precisión de la medición del tiempo
- La localización de los satélites es actualizada en Tiempo-real



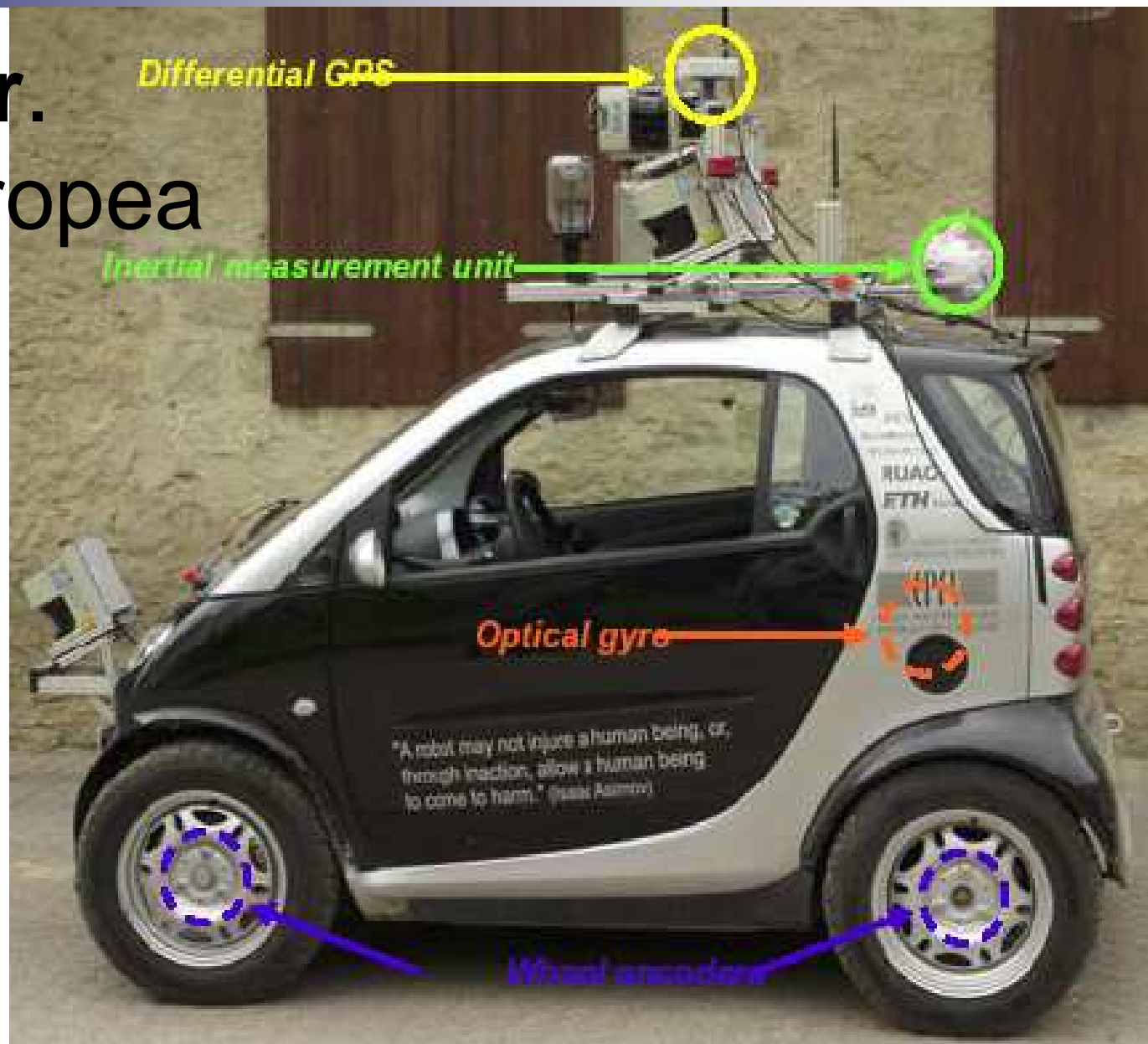
GPS

- Medición exacta del tiempo de vuelo:
 - El receptor correlaciona un pseudo-código con el código que viene del satélite
 - El retraso de tiempo (*dado x la correlación*) determina el tiempo de vuelo.
 - Los relojes de quartz de los GPS no son muy precisos
 - El rando de medición con 4 satelites permite ubicar la posición (x, y, z) y la corrección de reloj
- Los receptores **GPS** comerciales permiten precisión en las posiciones de algunos pocos metros.



Experiencias...

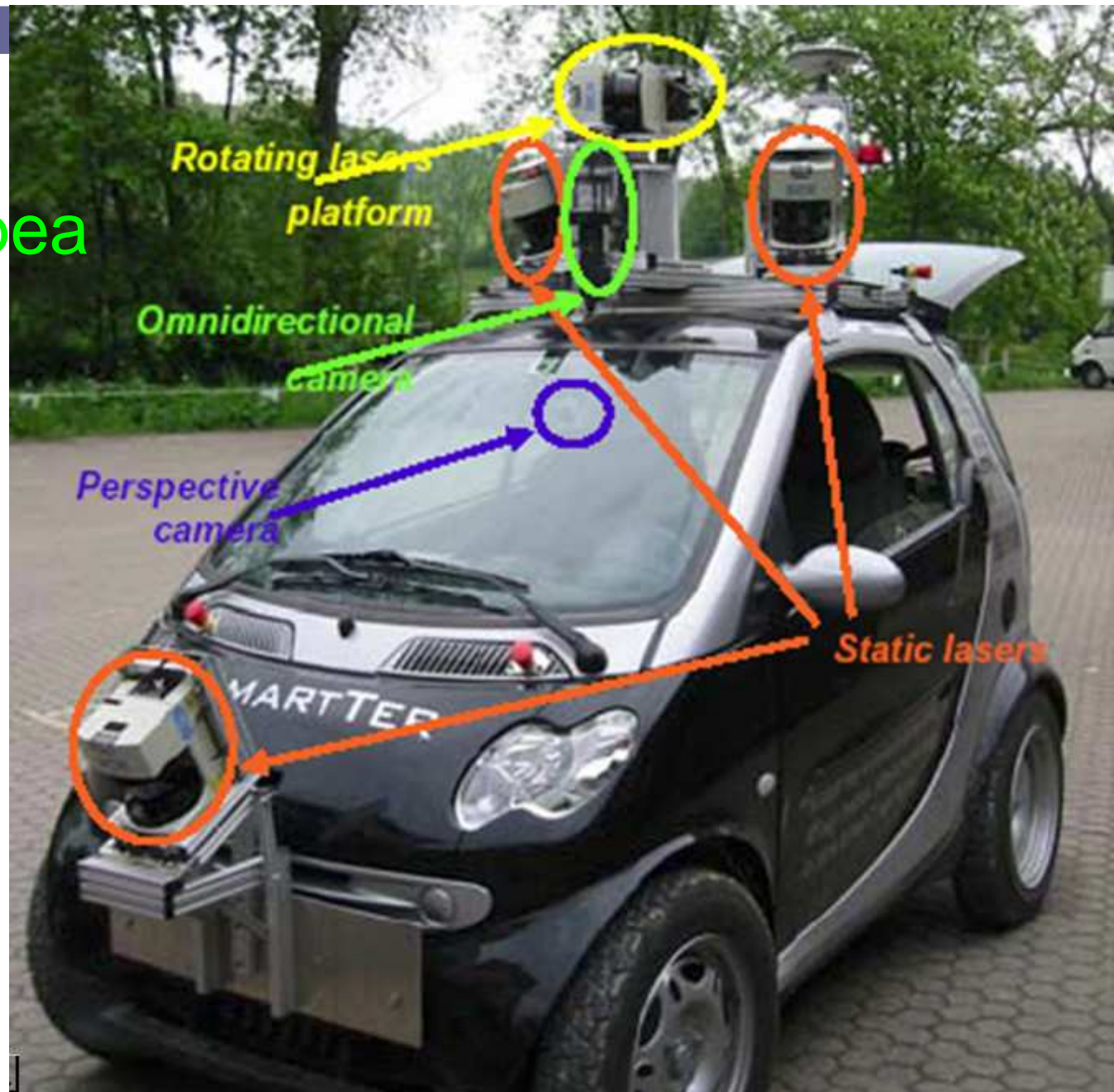
SmartTer. Unión Europea

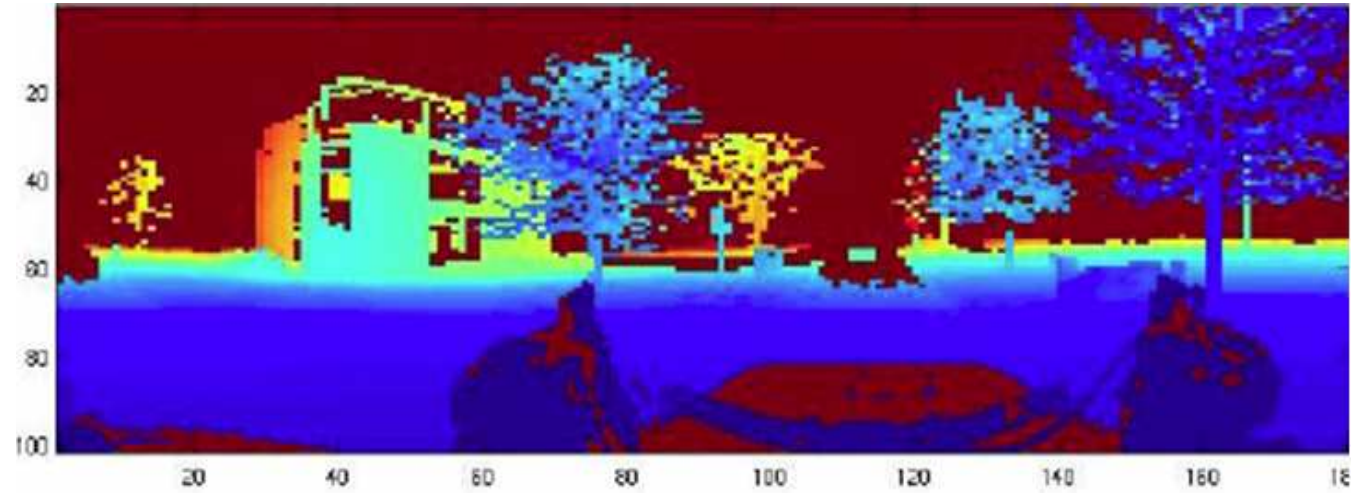
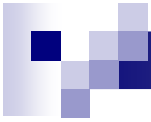


SmartTer. Unión Europea

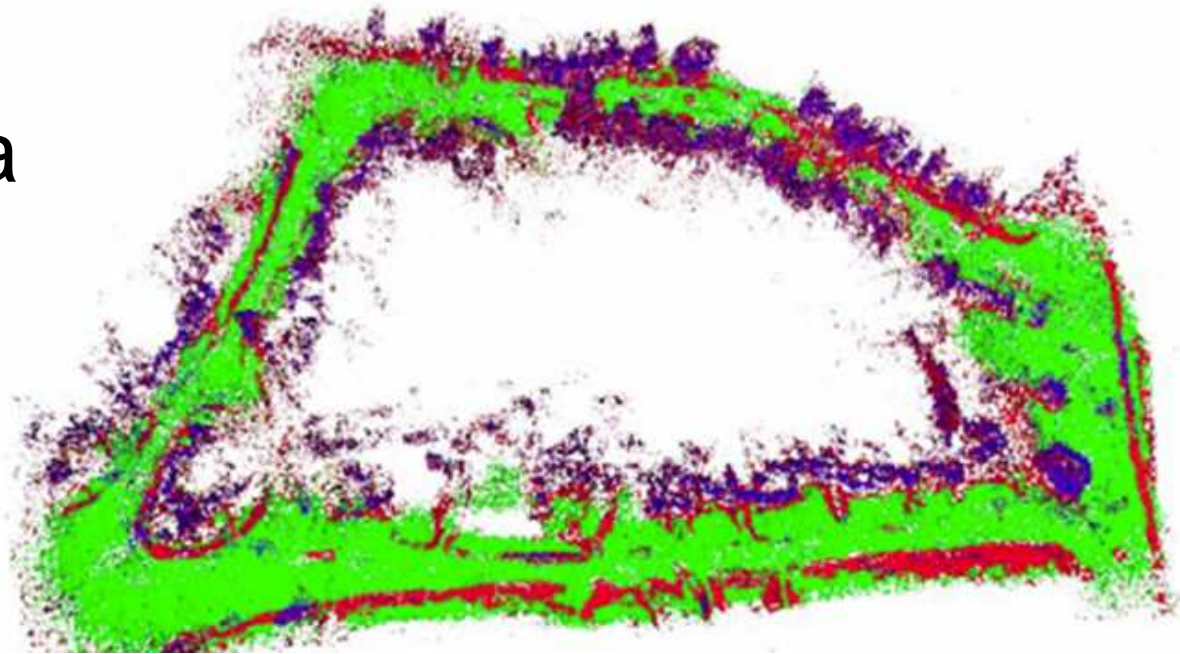


SmartTer. Unión Europea





SmartTer. Unión Europea





Esto es todo!!!

