



UNIVERSITÀ  
di **VERONA**

Dipartimento  
di **INFORMATICA**

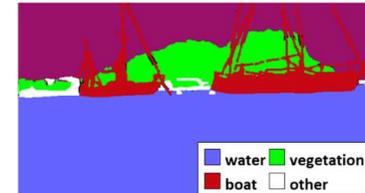
Laurea magistrale in Ingegneria e scienze informatiche

# Percezione *sensori*

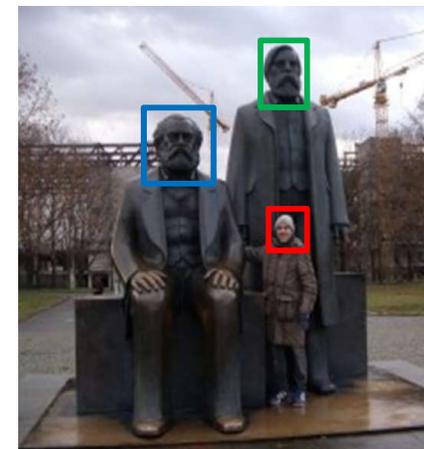
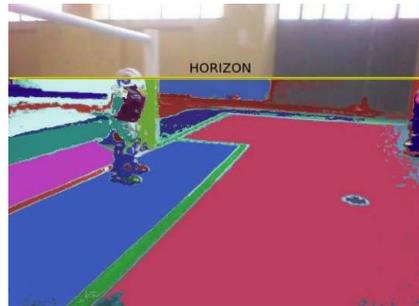


*Corso di Robotica  
Parte di Laboratorio*

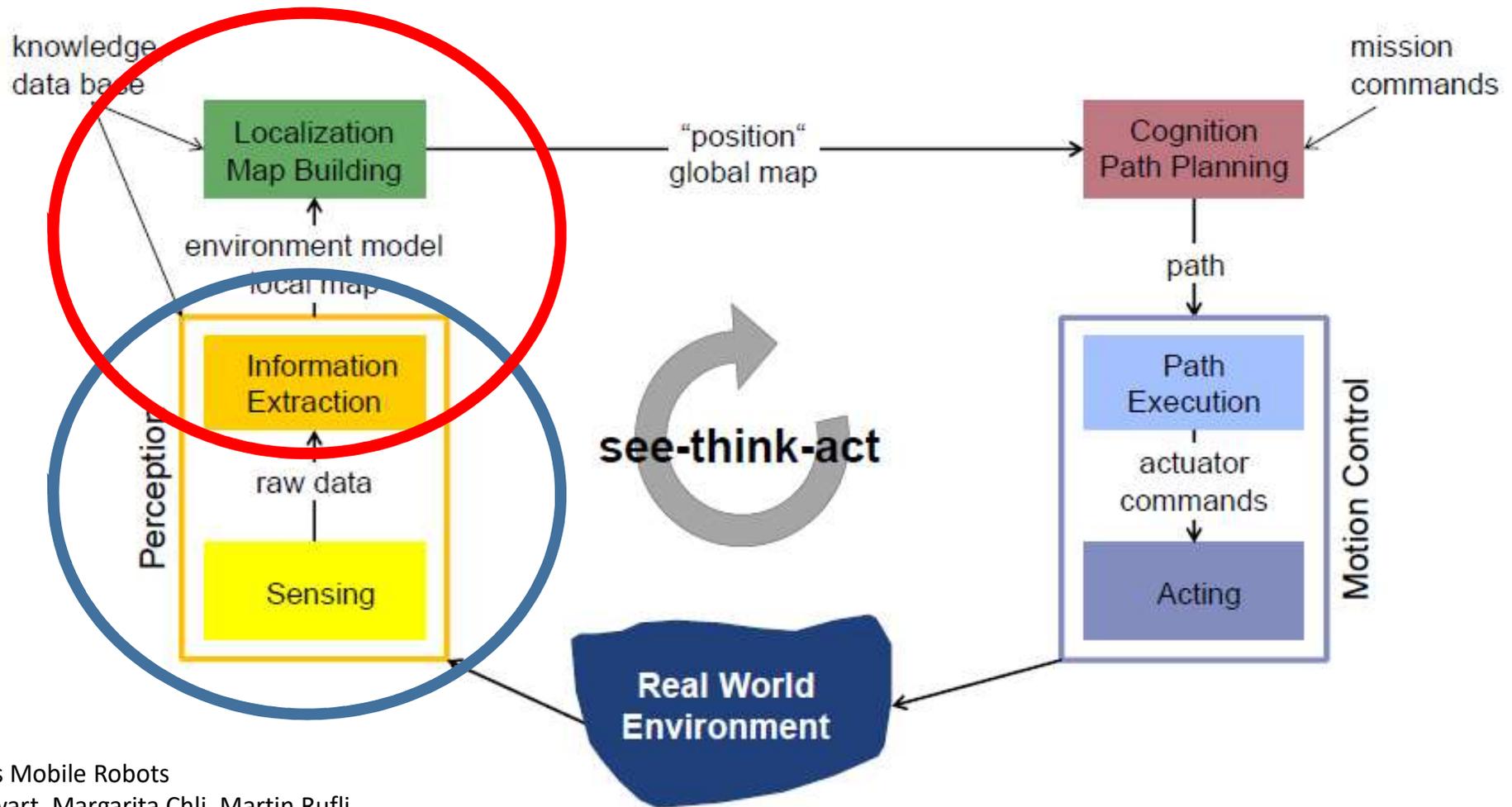
Docente:  
Domenico Daniele Bloisi



Novembre 2017



# See-Think-Act Cycle



# Sensori propriocettivi/eterocettivi

---

- **Sensori propriocettivi** (*proprioceptive sensors*)  
servono a valutare lo stato interno del robot  
Es. angoli dei giunti, velocità delle ruote, carica delle batterie, accelerazione...
- **Sensori eterocettivi** (*exteroceptive sensors*)  
acquisiscono informazioni che provengono dall'ambiente operativo del robot  
Es. luminosità, misure di distanza, suoni...

Le misure effettuate con sensori eterocettivi sono interpretate dal robot per estrarre feature di interesse dell'ambiente (per es. presenza di oggetti di interesse, ostacoli)

# Sensori passivi/attivi

---

- **Sensori passivi**

Misurano l'energia dell'ambiente che viene catturata dal sensore

Es. termometri, microfoni, telecamere

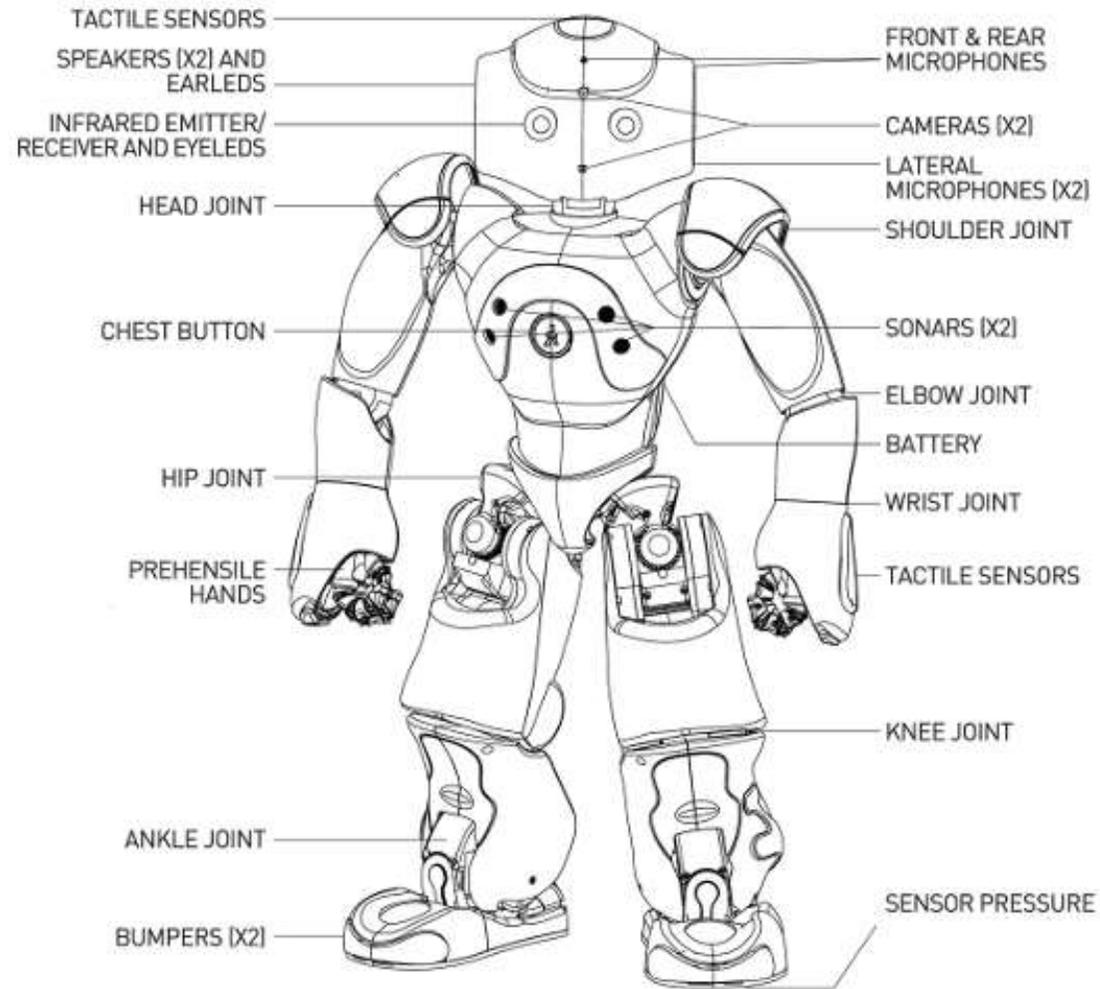
- **Sensori attivi**

Emettono energia nell'ambiente e misurano la reazione che viene generata dall'ambiente

Es. Kinect-like depth cameras, laser rangefinders

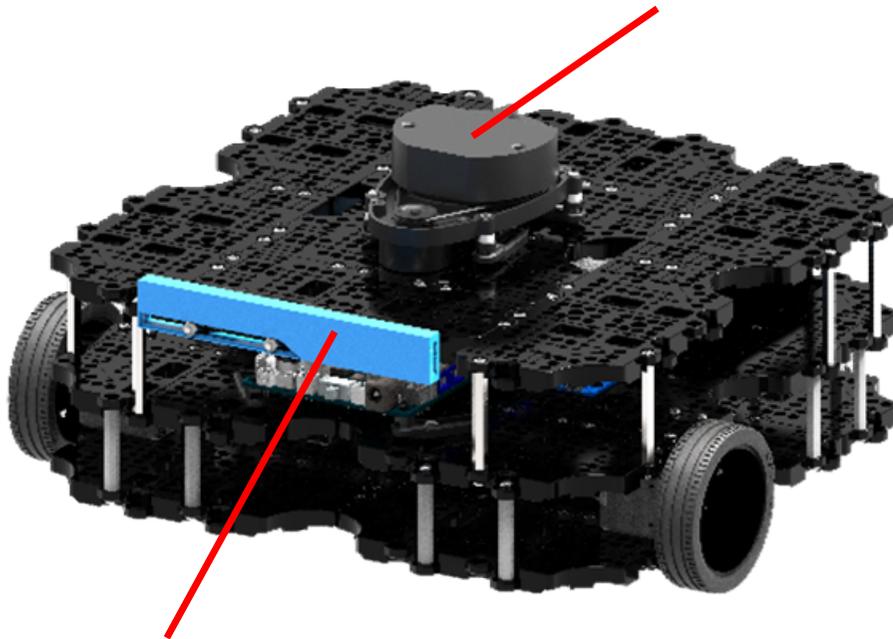
I sensori attivi offrono generalmente prestazioni più elevate, ma possono soffrire di interferenze

# Sensori – NAO robot



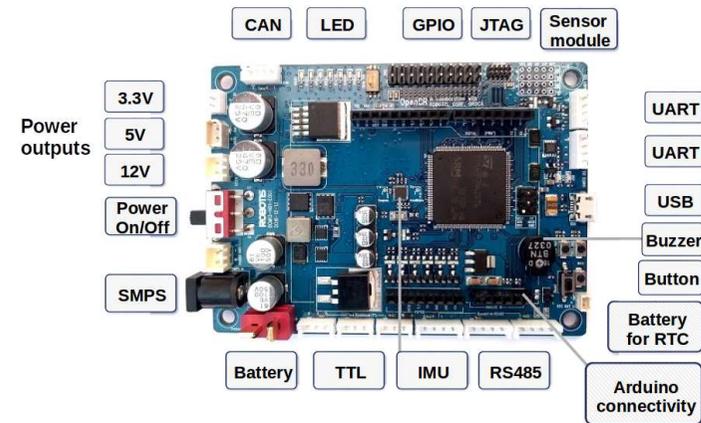
# Sensori – Turtlebot3

360 Laser Distance Sensor LDS-01



Intel® Realsense™ R200

OpenCR1.0



Gyroscope 3Axis, Accelerometer 3Axis,  
Magnetometer 3Axis

<https://turtlebot3.readthedocs.io/en/latest/hardware.html>

# Rumore

---

Interpretare e capire lo stato dell'ambiente attraverso i sensori di percezione è un compito difficile

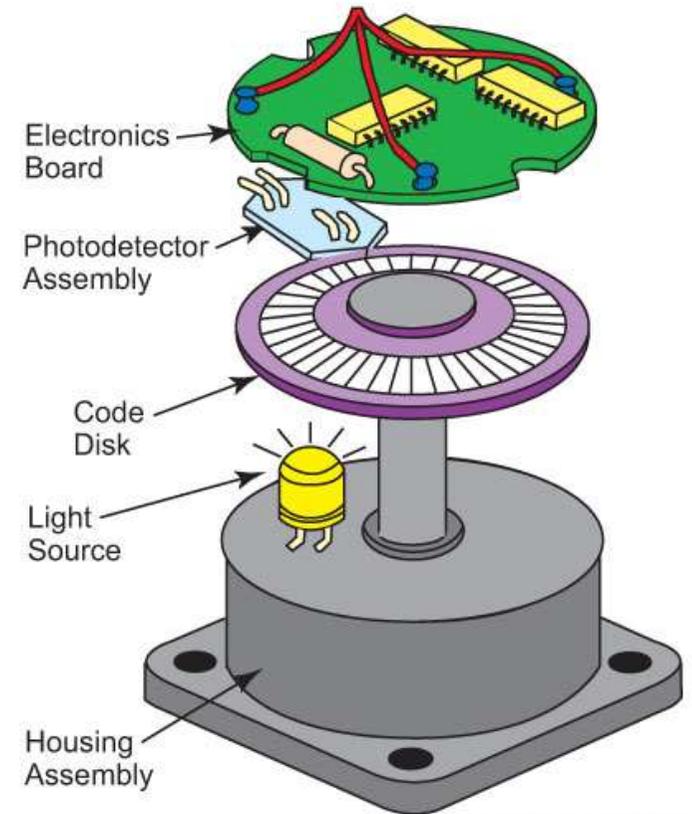
- **Ambiente dinamico**  
Le misure cambiano nel tempo
- **Rumore**  
Tutti i sensori sono soggetti a rumore (per es. dovuto a interferenze elettroniche o fluttuazioni aleatorie)

Può essere utile fondere informazioni provenienti da più sensori

# Encoder

Un encoder è un dispositivo elettromeccanico in grado di convertire la posizione lineare o angolare di un asse in un segnale analogico o digitale, facendone quindi un **trasduttore di posizione** lineare/angolare

encoder ottico

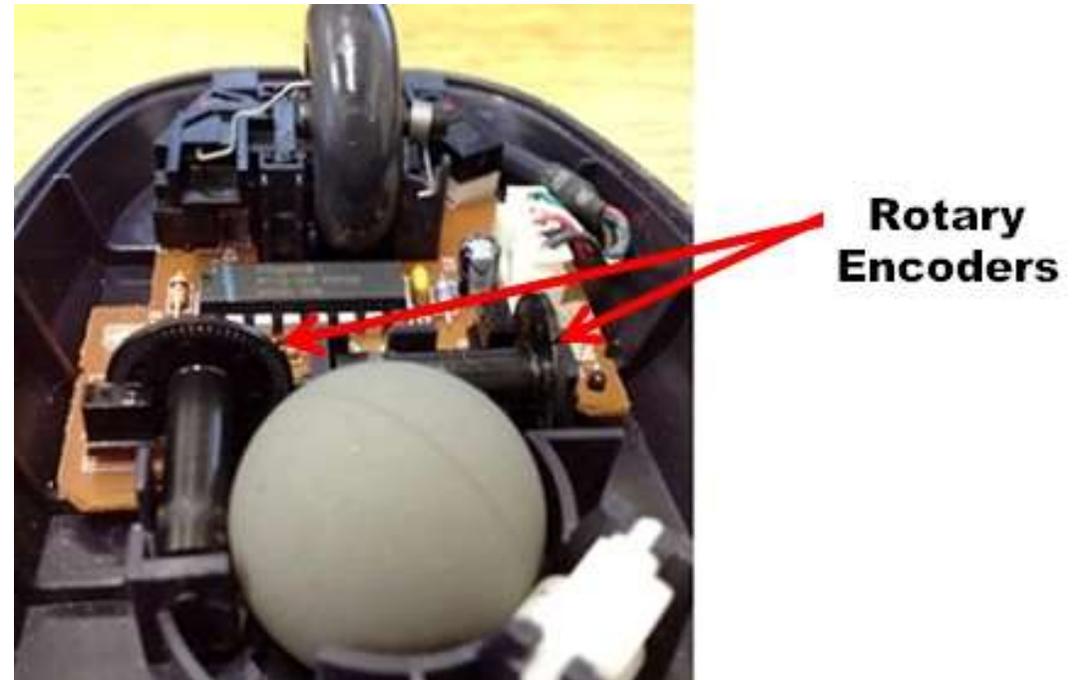


# Rotary Encoder

---

In un encoder rotazionale la posizione angolare di un asse rotante viene trasformata in un segnale analogico o digitale

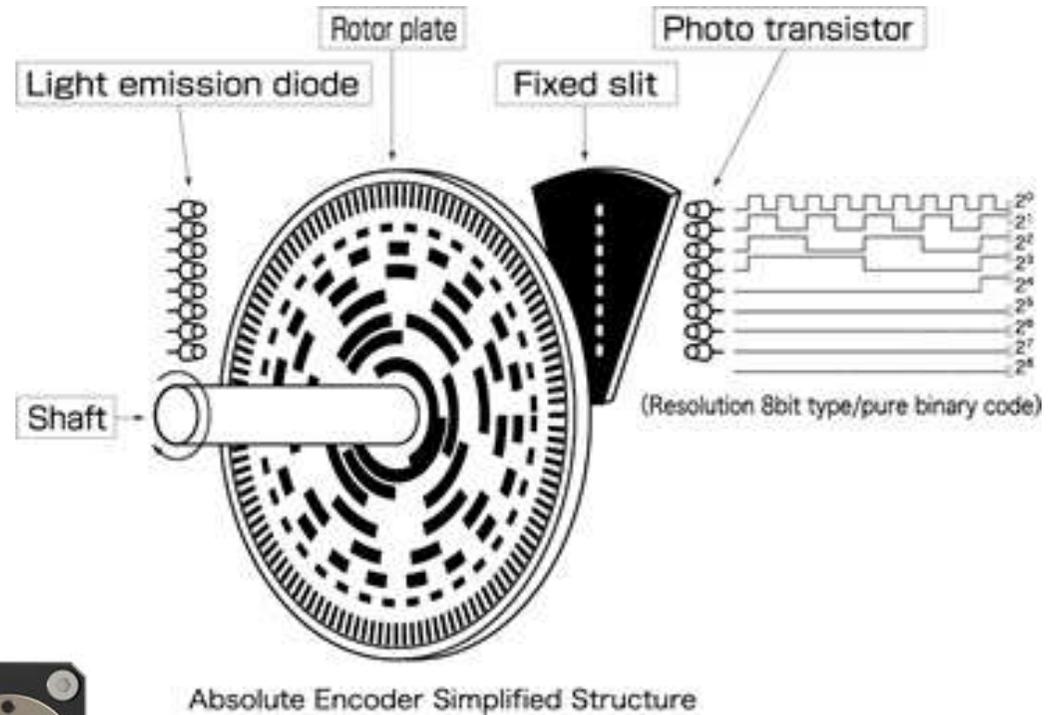
- **Assoluto**  
indica la posizione corrente dell'asse rotante
- **Incrementale**  
fornisce informazioni sul movimento dell'asse che sono processate separatamente per ottenere altre informazioni quali velocità, distanza e posizione



# Absolute Encoder

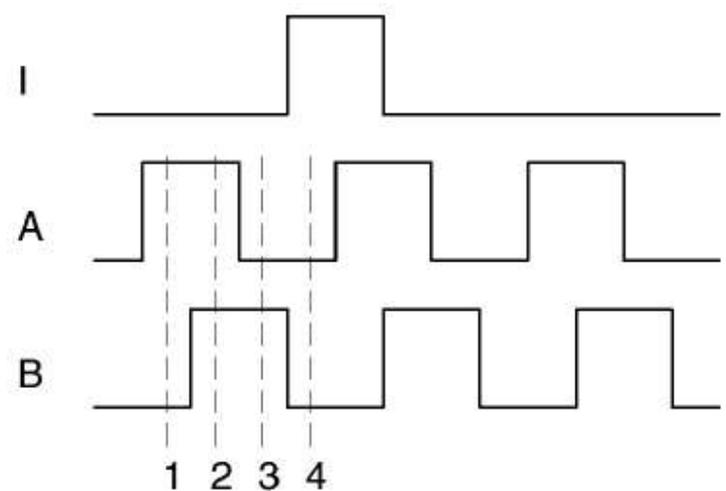
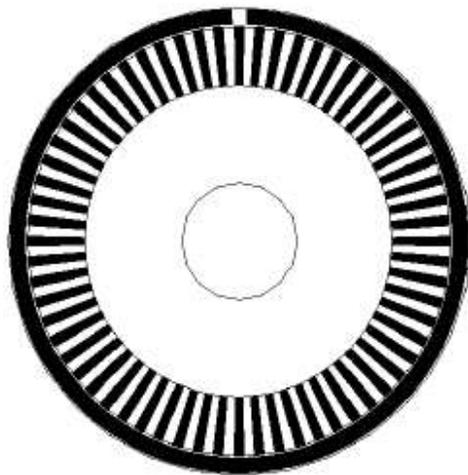


DYNAMIXEL XM430-W210-T



# Incremental Encoder

- Nell'encoder in quadratura sono presenti due coppie emettitore/ricevitore traslate tra loro di 90 gradi
- Le due onde quadre così generate possono essere usate per ottenere la posizione relativa dell'asse rotante
- La direzione di rotazione è data dall'ordine con cui si verificano le salite delle onde quadre



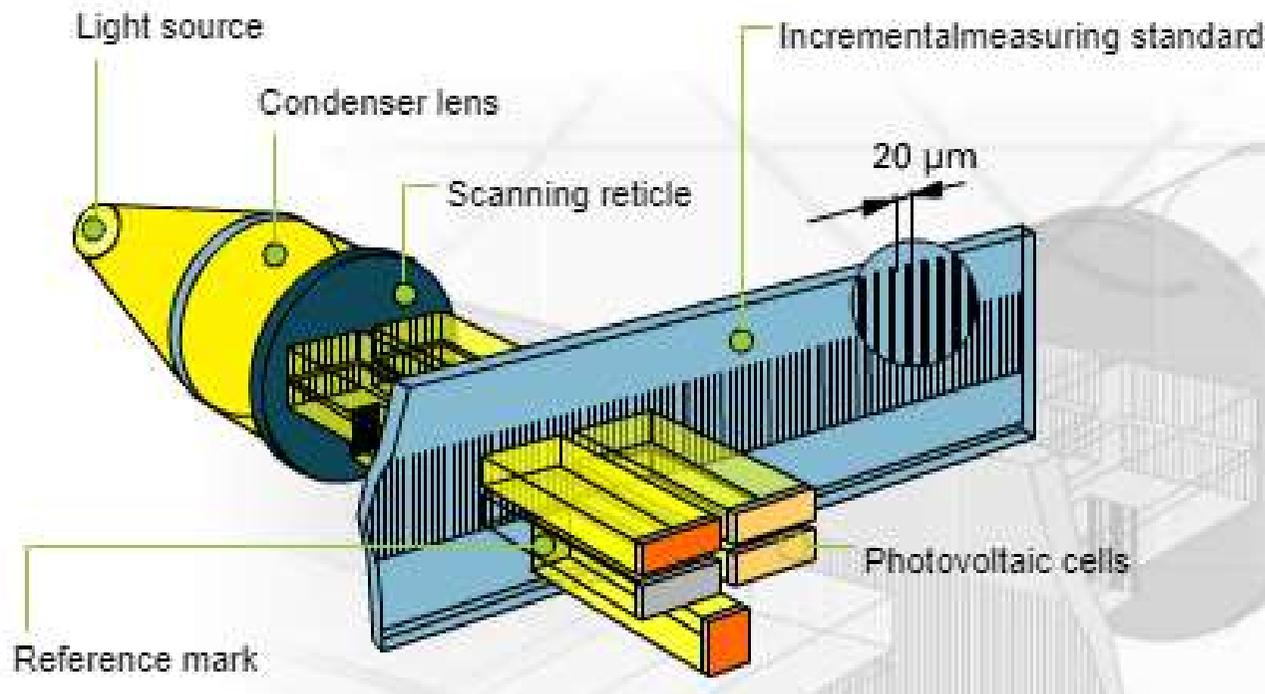
| <i>State</i> | <i>Ch A</i> | <i>Ch B</i> |
|--------------|-------------|-------------|
| $s_1$        | <i>high</i> | <i>low</i>  |
| $s_2$        | <i>high</i> | <i>high</i> |
| $s_3$        | <i>low</i>  | <i>high</i> |
| $s_4$        | <i>low</i>  | <i>low</i>  |

# Risoluzione

---

- Le misure fornite dagli encoder possono essere integrate per ottenere una stima della posizione (**odometria**)
- Gli encoder ottici sono sensori propriocettivi → la stima della posizione è migliore nel body frame, mentre quando viene usata per la localizzazione è necessario effettuare delle correzioni
- La risoluzione è misurata in *cycles per revolution* (CPR)
- Risoluzioni tipiche: da 64 a 2048 incrementi per revolution

# Linear Encoder



<http://content.heidenhain.de/presentation/elearning/EN/index/1271254390233/1271254390241/1271254390244/1271254390244.html>

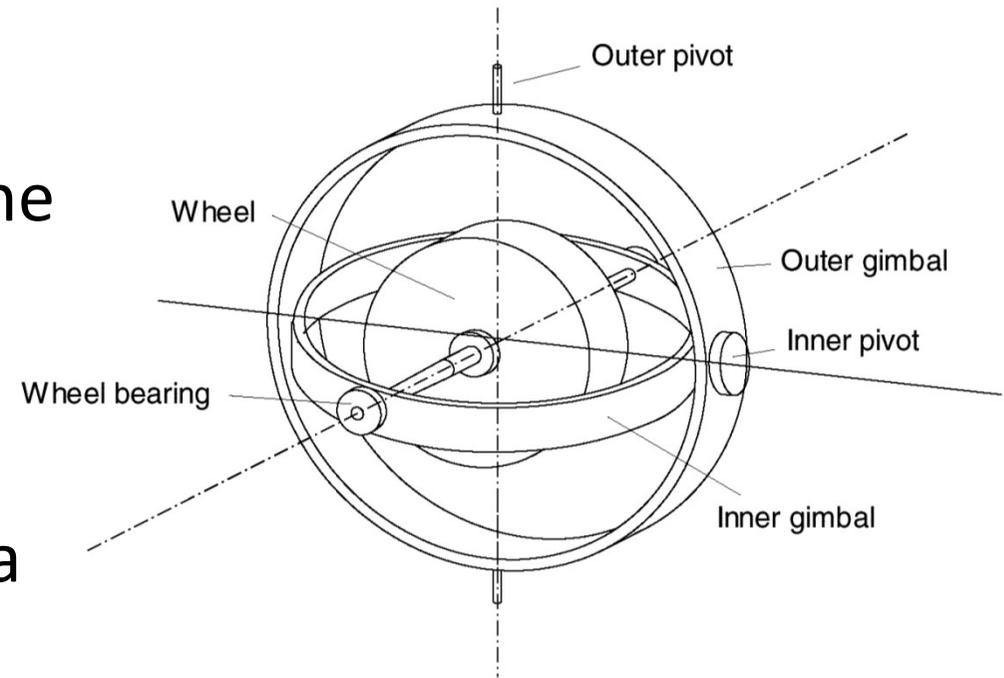
# Sensori di Heading

---

- Giroscopio, accelerometro (propriocettivi)
- Bussola, inclinometro (esterocettivi)
- Servono a determinare l'orientazione e l'inclinazione del robot
- Le misure prodotte dai sensori di heading, insieme ad informazioni sulla velocità, possono essere usate per ottenere una stima della posizione
- Questa procedura prende il nome di *dead reckoning* e deriva dalla navigazione marittima

# Giroscopio

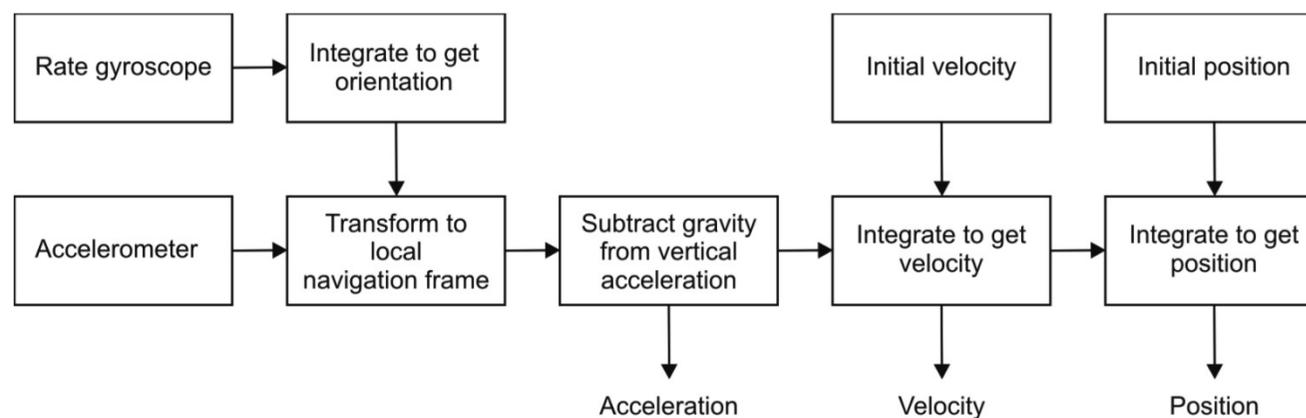
- I giroscopi sono sensori di heading che conservano la propria orientazione in relazione ad un sistema di riferimento fisso
- Forniscono una misura assoluta per l'heading di un sistema mobile



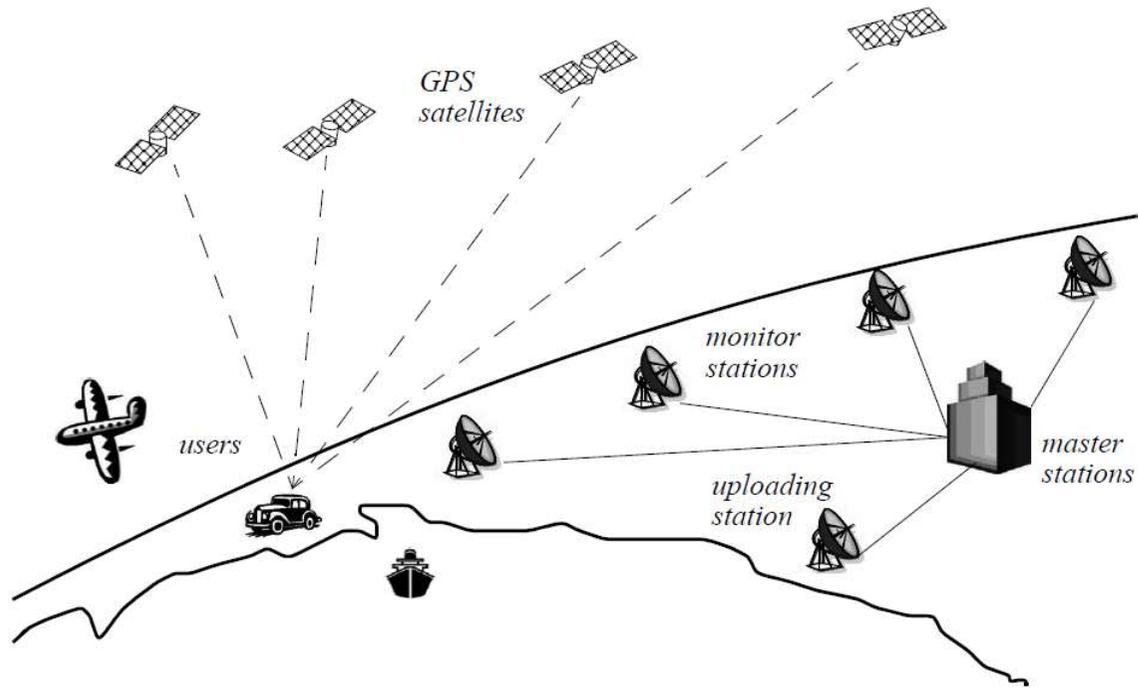
Giroscopio meccanico a due assi

# Inertial measurement unit (IMU)

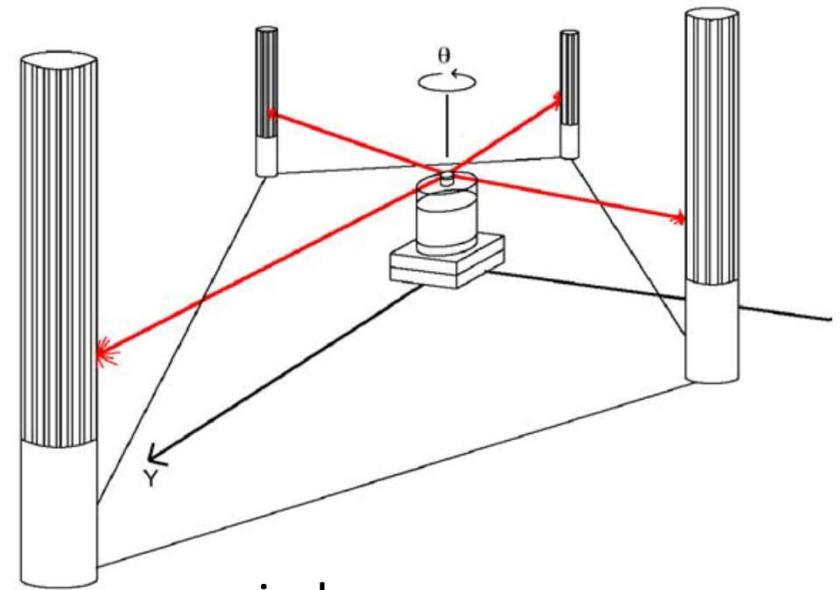
- Un IMU è un dispositivo per stimare la posizione relativa, la velocità e l'accelerazione di un sistema mobile
- Contiene al proprio interno giroscopi e accelerometri
- Fornisce stima per la robot pose con 6 DOF: posizione ( $x, y, z$ ) e orientazione (roll, pitch, yaw)



# Ground Beacons



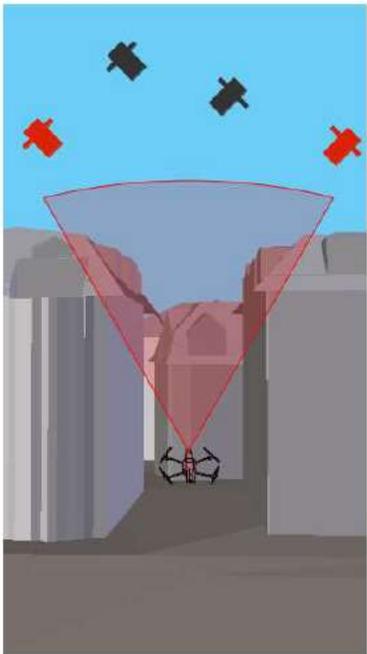
Global Positioning System (GPS)



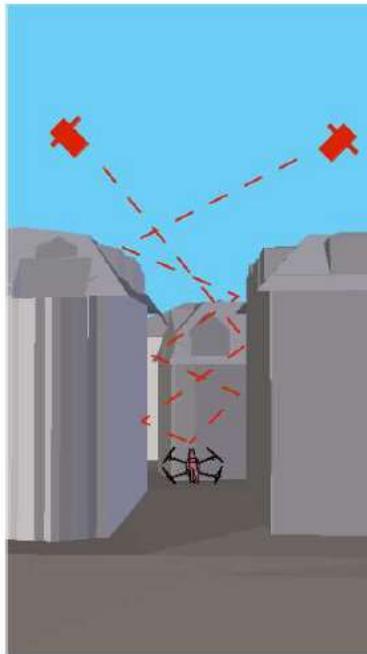
indoor or  
GPS-denied scenarios

# Multipath

Satellite coverage

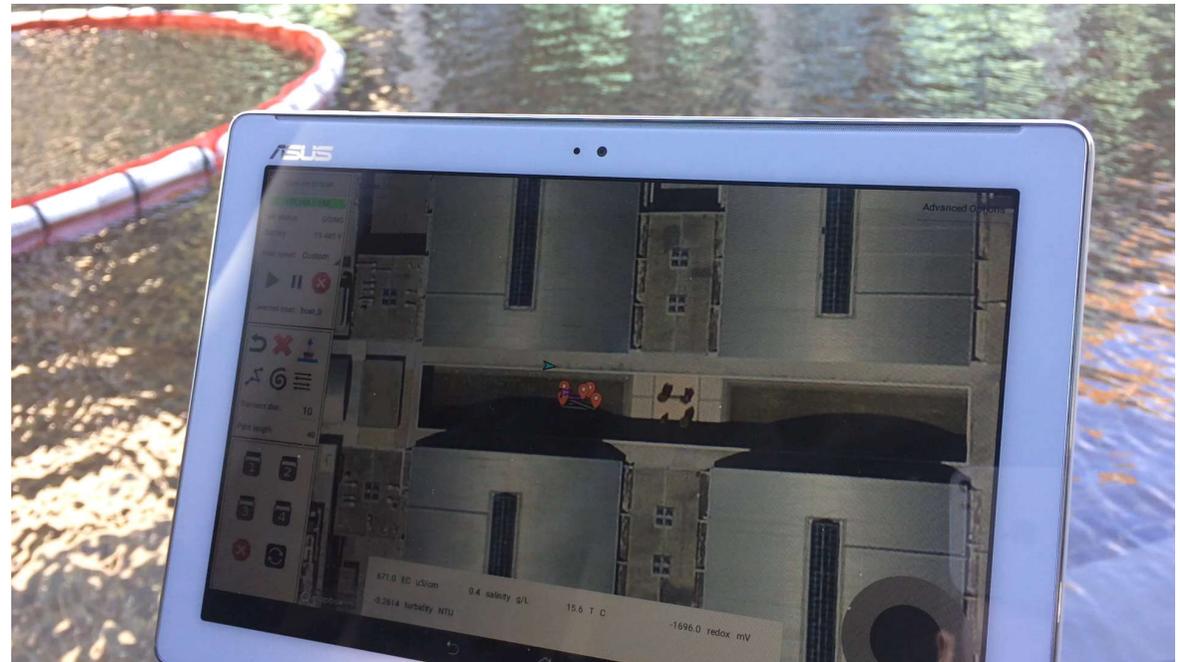


Multipath problem



# IntCatch @ Ecomondo 2017

---



<https://youtu.be/gXWxykYZP2g>

# Sensori di distanza

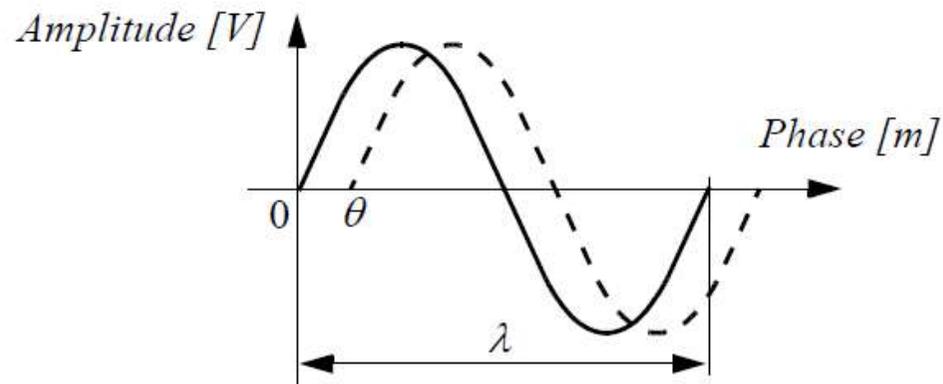
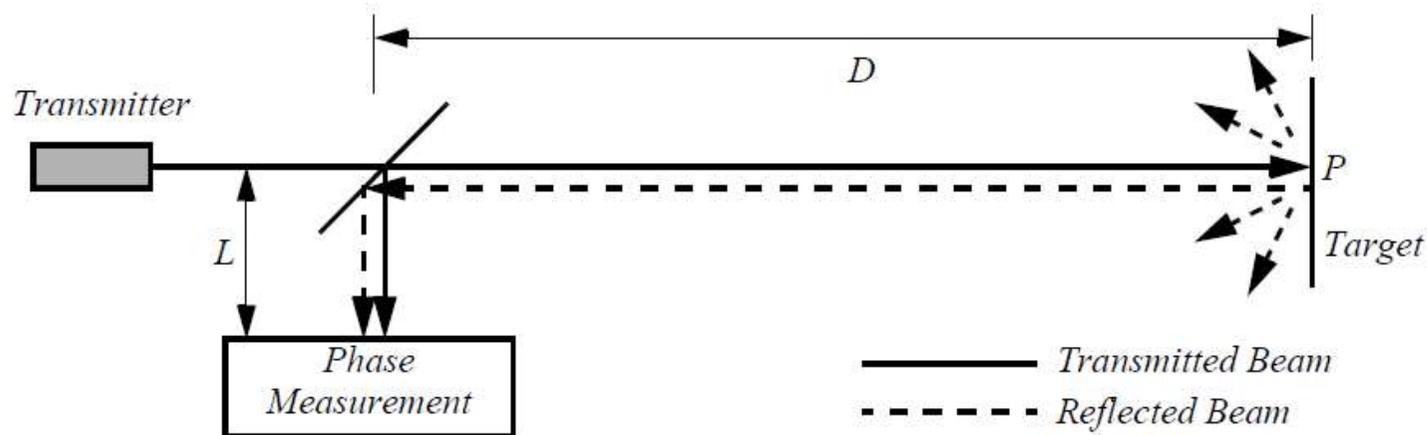
- Sonar
- Laser range finder
- Time of Flight Camera



I sensori di distanza basati sul time-of-flight sfruttano la velocità di propagazione del suono o delle onde elettromagnetiche per calcolare la distanza

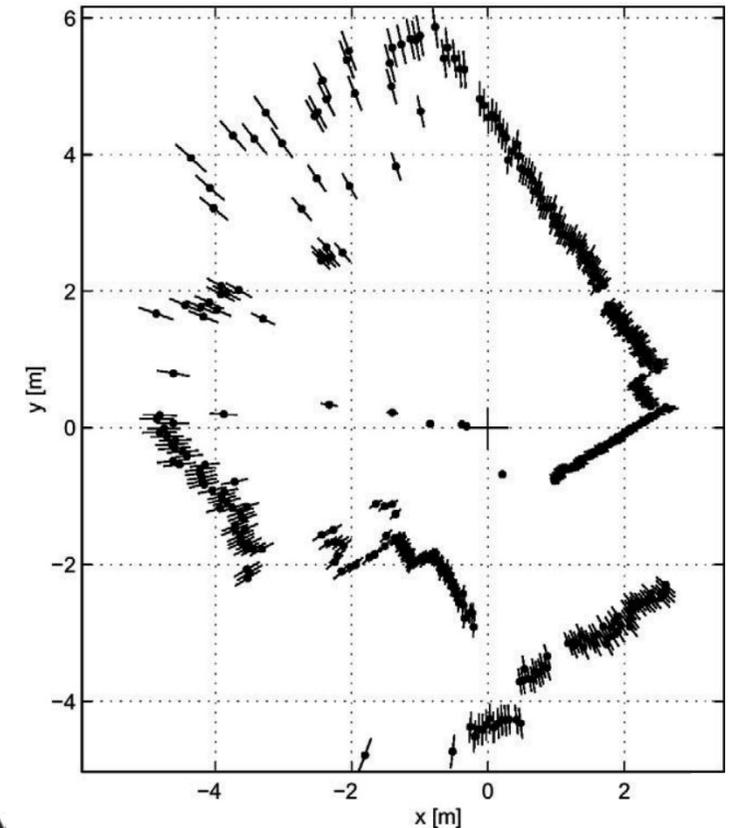
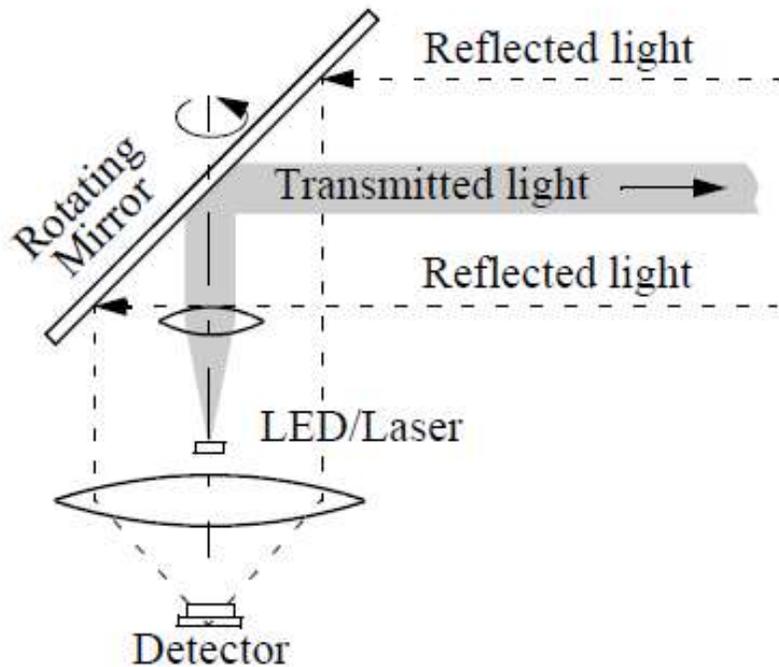


# Laser Range Finder



$$D' = L + 2D = L + \frac{\theta}{2\pi} \lambda$$

# laser range sensor with rotating mirror





UNIVERSITÀ  
di **VERONA**

Dipartimento  
di **INFORMATICA**

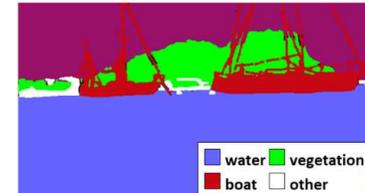
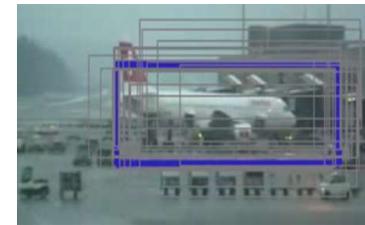
Laurea magistrale in Ingegneria e scienze informatiche

# Percezione *sensori*



*Corso di Robotica  
Parte di Laboratorio*

Docente:  
Domenico Daniele Bloisi



Novembre 2017

