

## Sensor

| Constituem a parte perceptiva de um robô. Mapeia um atributo físico para uma medida quantitativa

| Sensores podem ser de:

- proximidade
- posição
- direção
- pressão
- etc

| Características importantes

- Field of view e alcance
- Accuracy, repeatability, resolução
- Responsividade
- Consumo energético
- Reliability
- Tamanho
- Complexidade computacional

| Erros sistemáticos têm sempre o mesmo impacto nos valores lidos e podem ser mitigados através da calibração dos sensores

| Erros não-sistemáticos têm comportamento aleatório. Não podem ser previstos ou eliminados pela calibração

## Sensores passivos

| Dependem de energia externa para fazer a captura de informação sobre o ambiente

- Câmera
- Microfone

## Sensores ativos

| São capazes de emitir energia e obter informações sobre o ambiente ao analisar disparidades entre o sinal emitido e capturado

## Sensores proprietários

| Medem valores internos do sistema

- velocidade do motor
- bateria
- angulos de juntas
- etc

## Potenciómetros

| Usa a variação de tensão linear no enfile de uma resistência para posição linear ou angular

## || Encoders

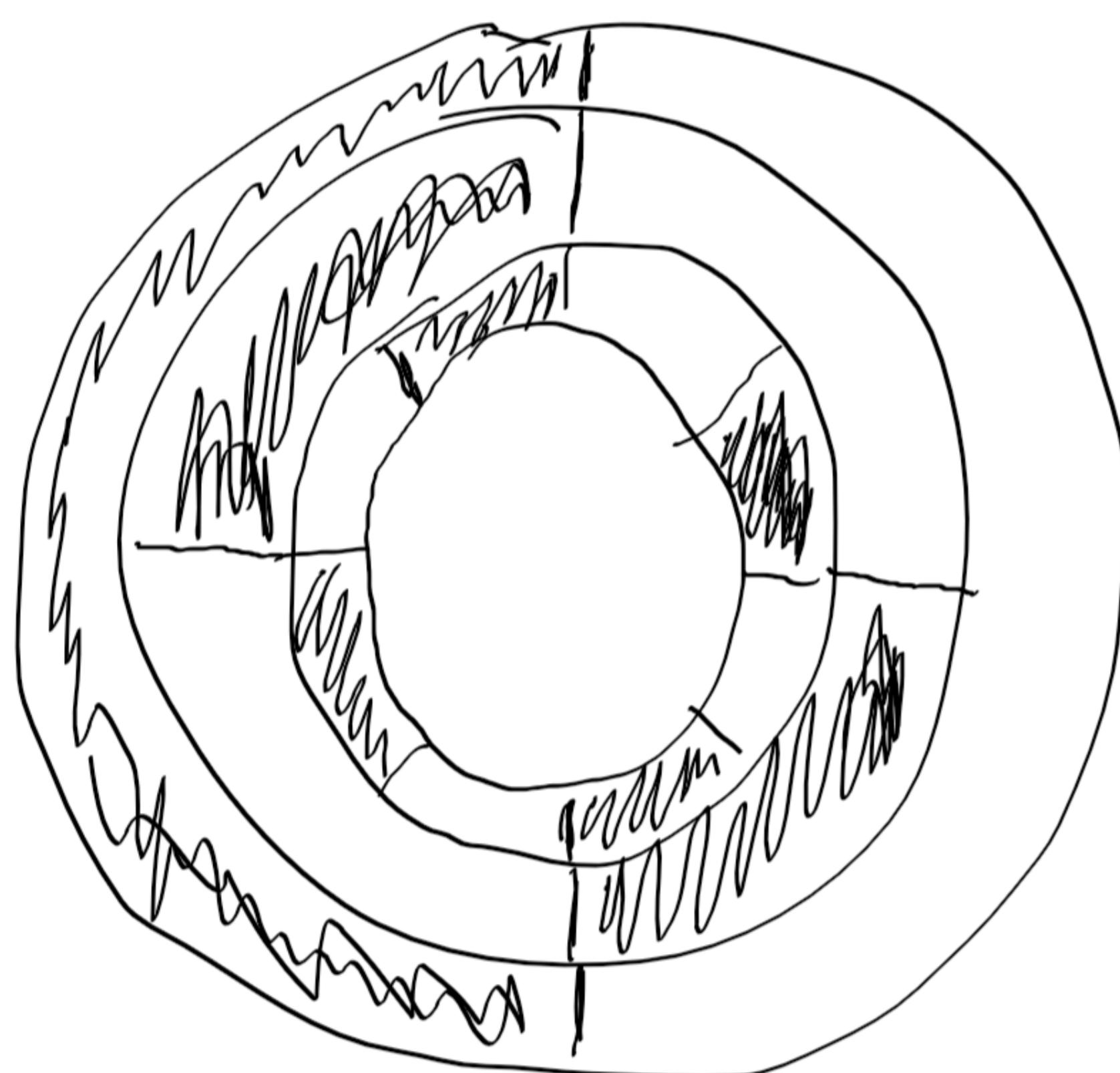
| Usa a distância pelas rodas para estimar a posição do robô

### Encoder absoluto

- Divisão da roda em anéis e de cada anel em segmentos.

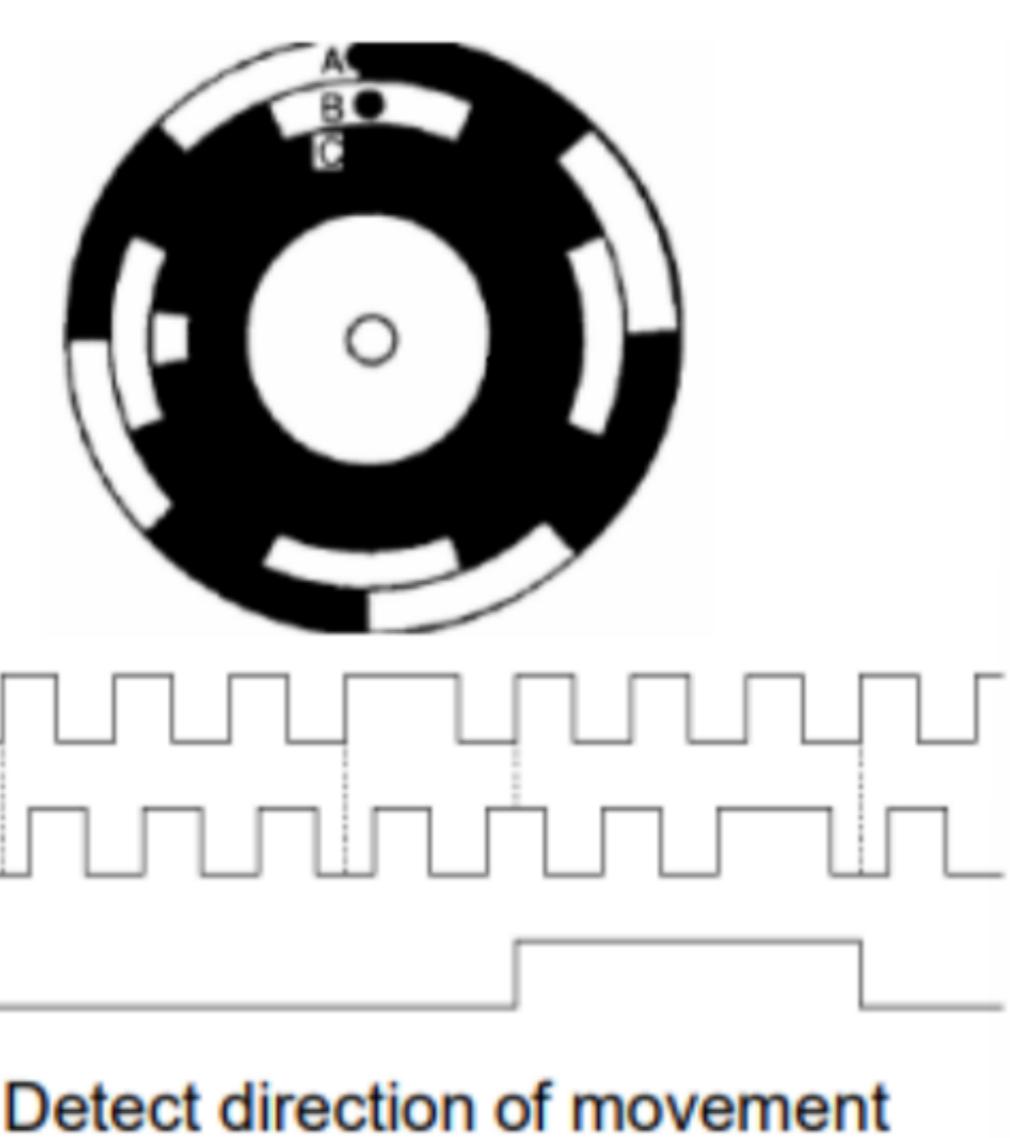
- Quando maior o nº de segmentos maior é a resolução da medida.

- Não consegue perceber direção do movimento



### Encoder diferencial

- Necessita de ter 2 anéis. A medição é feita através da diferença de fase
- Consegue perceber direção do movimento



## || GPS

| Efetuar triangulação usando a distância a 3 satélites

- Estima a latitude, longitude e altitude

- Condições atmosféricas podem afetar resultados. Usar informações de estações estáticas pode aumentar a resolução de 10-15 m para apenas alguns centímetros.

## Compass

- Deteta campo magnético da planta. Possibilita que se determine a orientação do robô.
- Pode ser afetado por outros campos magnéticos na vizinhança

## Acelerômetro

Mede a aceleração linear. Integrando podemos obter distância percorrida

## Giroscópio

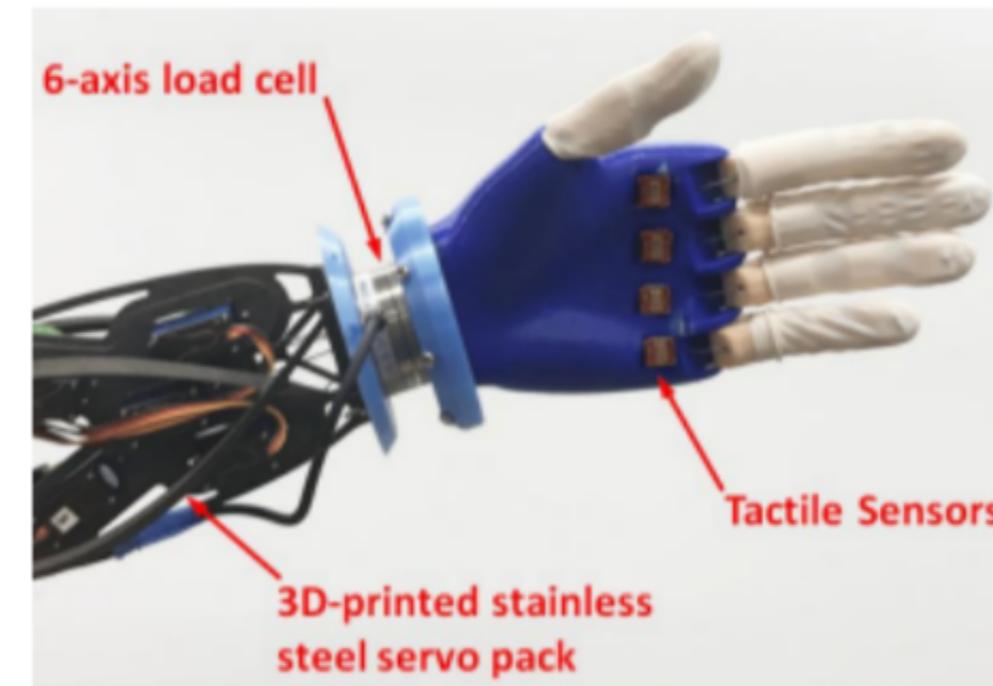
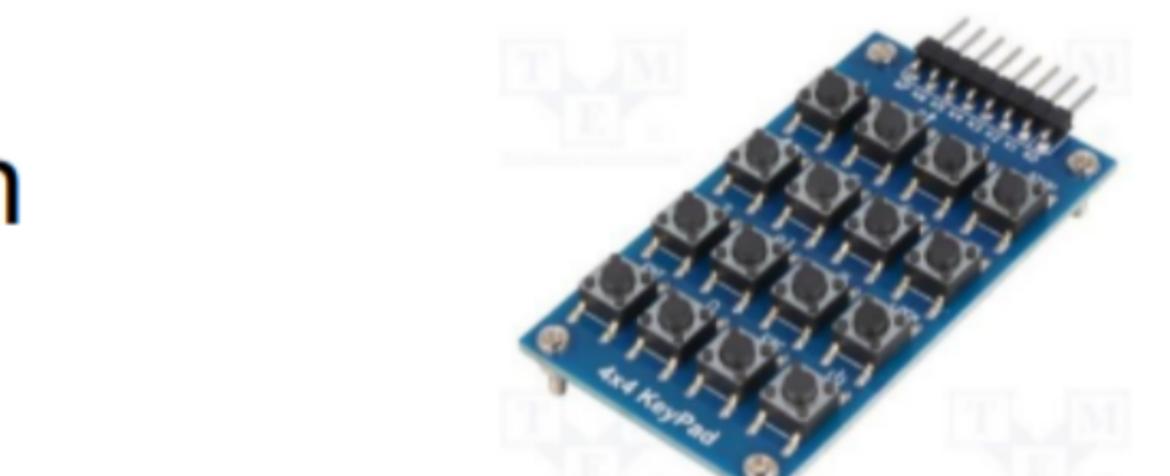
Mede o movimento angular do robô

## Haptic sensors



- Recreate the sense of touch
  - Contact arrays
  - Force / Torque
  - Resistive

DETI/UA



26

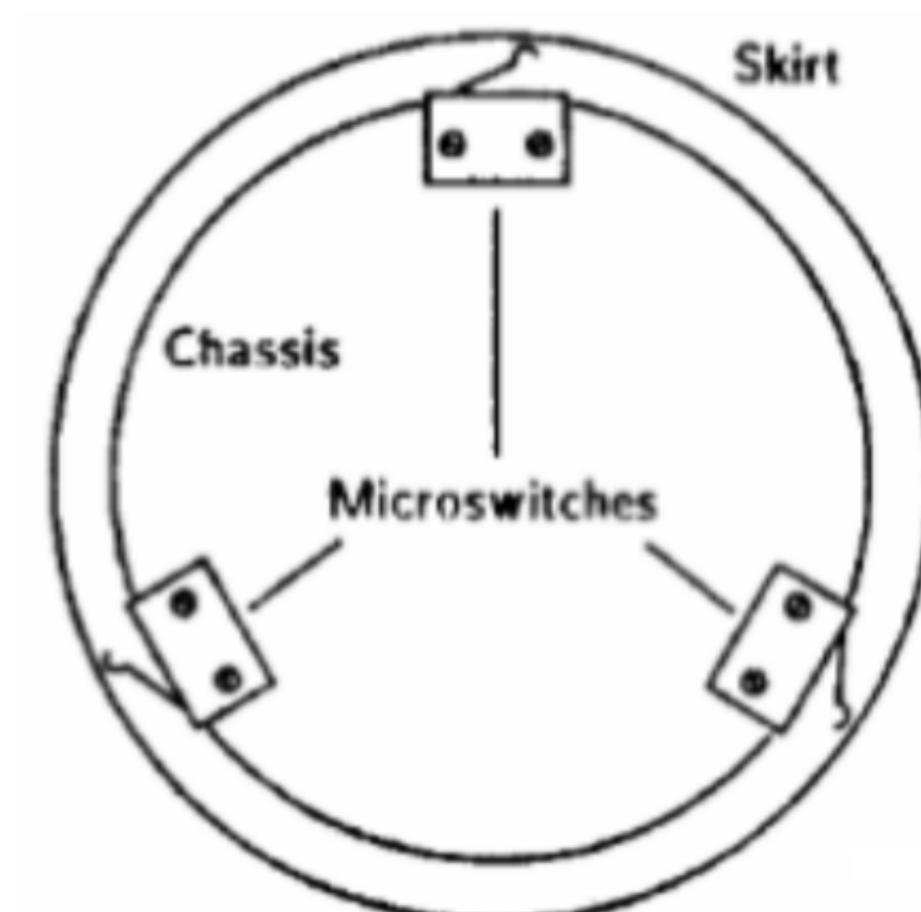
## Sensores ultracônicos

| Medem valores dentro do sistema

## Bumper

| Contato direto fecha ou abre o circuito. Deteta colisões

- Confável mas colisões podem não ser desejáveis.

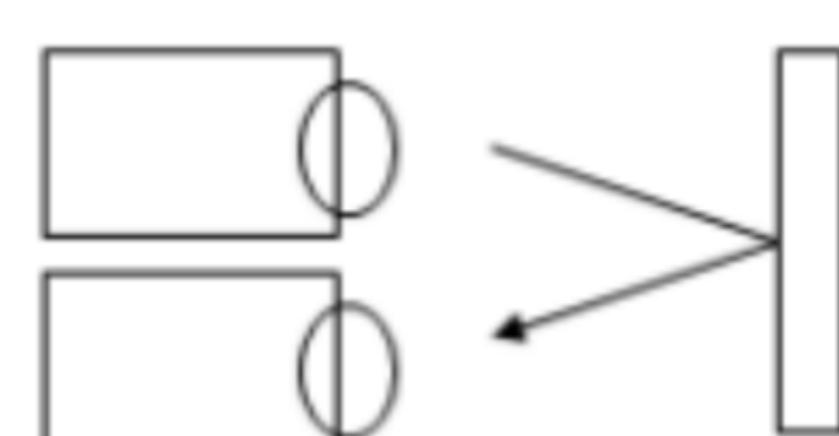
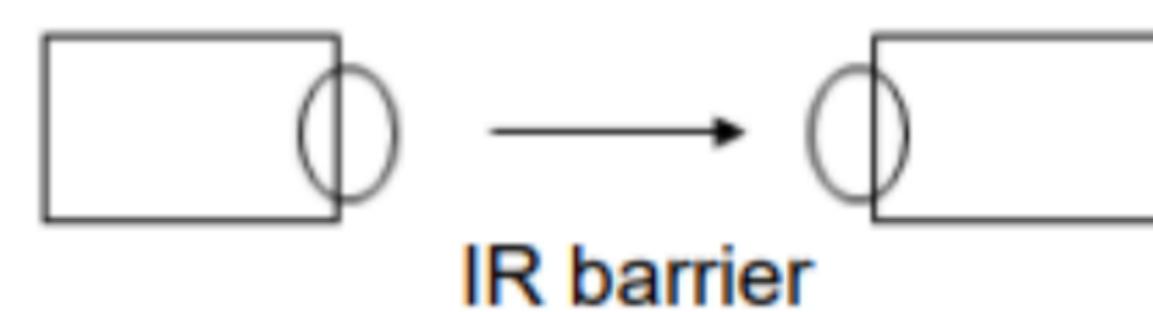


## Irma-vermelhos

Um par emissor/receptor é usado para medir distâncias ou detectar objetos

Alcance 10 cm a 1 m

FOV rodulado



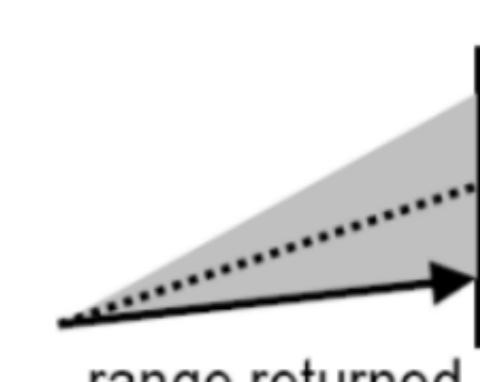
## Sonar

| Emite um sinal. Distância é medida pelo tempo de retorno

- Alcance de 10 cm a 10 m
- FOV  $\sim 30^\circ$

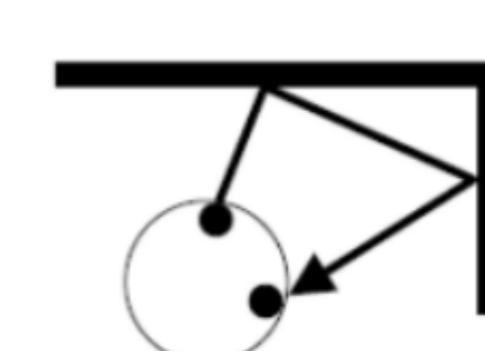
## Problemas

Foreshortening



Crosstalk

- Receiver may detect echoes from other sonars in the ring



Specular reflection

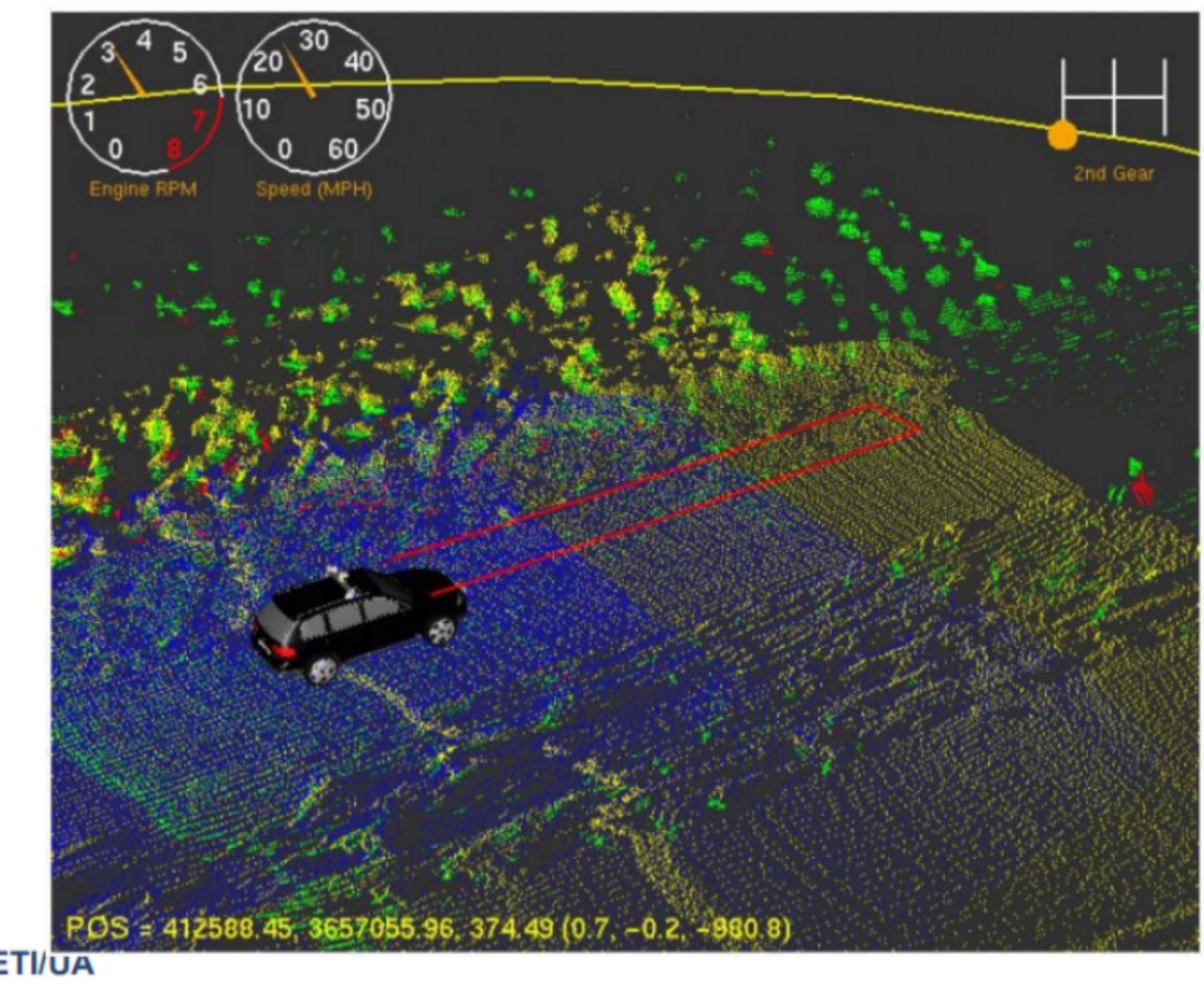
- Wave is reflected when angle is acute



## Laser range finder

Laser range finder é semelhante ao sonar mas usa laser em vez do som

- Alcance de 2 m a 500 m
- FOV 100 - 360°



## Sensor Fusion / Estimation

Combinar dados recolhidos por diferentes sensores. A informação resultante é melhor.

Probability based

## Incertezas

- Ruido, erros de leitura ou erros no equipamento são fatores que podem afetar as medições.
- Medidas podem ser caracterizadas pelo seu máximo valor e pelo sua incerteza

Function	Variance
$f = aA$	$\sigma_f^2 = a^2 \sigma_A^2$
$f = aA + bB$	$\sigma_f^2 = a^2 \sigma_A^2 + b^2 \sigma_B^2 + 2ab \sigma_{AB}$
$f = aA - bB$	$\sigma_f^2 = a^2 \sigma_A^2 + b^2 \sigma_B^2 - 2ab \sigma_{AB}$
$f = A - B,$	$\sigma_f^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{AB}$
$f = aA - aA,$	$\sigma_f^2 = 2a^2 \sigma_A^2 (1 - \rho_A)$
$f = AB$	$\sigma_f^2 \approx f^2 \left[ \left( \frac{\sigma_A}{A} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_B}{B} \right)^2 + 2 \frac{\sigma_{AB}}{AB} \right]$
$f = \frac{A}{B}$	$\sigma_f^2 \approx f^2 \left[ \left( \frac{\sigma_A}{A} \right)^2 + \left( \frac{\sigma_B}{B} \right)^2 - 2 \frac{\sigma_{AB}}{AB} \right]$
$f = aA^b$	$\sigma_f^2 \approx \left( ab A^{b-1} \sigma_A \right)^2 = \left( \frac{fb \sigma_A}{A} \right)^2$
$f = a \ln(bA)$	$\sigma_f^2 \approx \left( a \frac{\sigma_A}{A} \right)^2$
$f = a \log_{10}(bA)$	$\sigma_f^2 \approx \left( a \frac{\sigma_A}{A \ln(10)} \right)^2$
$f = ae^{bA}$	$\sigma_f^2 \approx f^2 (b \sigma_A)^2$
$f = a^{bA}$	$\sigma_f^2 \approx f^2 (b \ln(a) \sigma_A)^2$
$f = a \sin(bA)$	$\sigma_f^2 \approx [ab \cos(bA) \sigma_A]^2$

Incerteza de um só valor  $A \rightarrow \sigma_A^2$

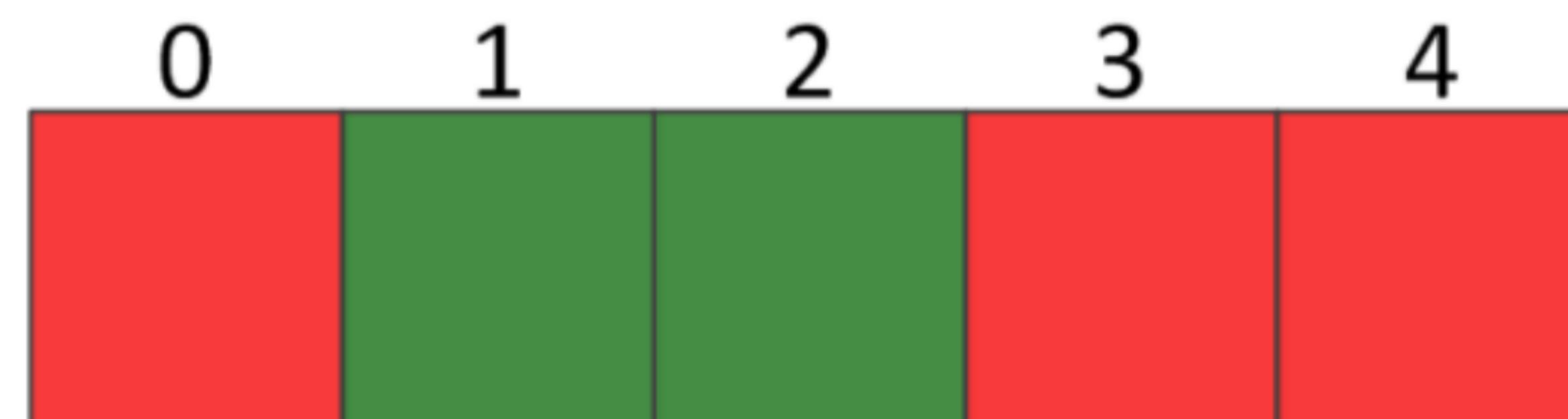
Incerteza da média de  $A$  e  $B$

$$a^2 \sigma_A^2 + b^2 \sigma_B^2 + 2ab \cancel{\sigma_{AB}} \rightarrow 0 \text{ porque são independentes}$$

$\Leftrightarrow$

$\sigma_{\bar{A}}$

- Consider a grid world:



- Where is the robot?

$G_M$ : green measure;  $R_M$ : red measure

$G_C$ : green cell;  $R_C$ : red cell

$P(G_M|G_C) = 0.6$ ;  $P(R_M|G_C) = 0.4$

$P(G_M|R_C) = 0.2$ ;  $P(R_M|R_C) = 0.8$