

*Robotica – Robot Industriali e di Servizio*

*Lezione 14:  
Il problema della localizzazione*



19 aprile 2013

*Ma la domanda fondamentale è:*



- ⇒ Come si fa a sapere dove si deve andare?
- ⇒ E ancora prima:
- ⇒ Come si fa a sapere dove si è?
- ⇒ Problemi della localizzazione e dell'autolocalizzazione

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 2

## *Robotica autonoma: disciplina in evoluzione*

- ⇒ Reattivo:
- ⇒ Deliberativo:
- ⇒ "Neats vs. scruffies." Wikipedia, The Free Encyclopedia. 30 Mar 2006, 07:08 UTC. 22 Apr 2006, 07:23 <  
[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Neats\\_vs.\\_scruffies&oldid=46133321](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Neats_vs._scruffies&oldid=46133321)>.

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 3

## *Concetti fondamentali*

- ⇒ Un robot industriale conosce la propria posizione (a meno di piccoli errori) leggendo gli encoder (ed applicando la DKT)
- ⇒ Un robot mobile non può farlo, e deve:
  - Misurare la propria posizione rispetto a punti di riferimento noti, cioè segnati su una mappa (Map-based positioning)
  - Stimare la propria posizione in base al cammino fatto (dead reckoning)

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 4

## *Il dead reckoning*

- ⇒ Termine derivante dal gergo dei piloti RAF
  - Deduced reckoning → Dead reckoning = Navigazione stimata
- ⇒ Data una posizione di partenza nota, la posizione attuale è l'integrale del cammino fatto da quella posizione
- ⇒ Occorre conoscere:
  - Direzione e spazio percorso
  - Direzione, velocità e tempo trascorso
  - Accelerazione e tempo trascorso
  - Altre combinazioni di grandezze
- ⇒ Queste grandezze non sono misurabili con precisione assoluta, e gli errori sono cumulativi

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 5

## *Sensori per il dead reckoning*

- ⇒ Odometria: misurare gli spostamenti del robot utilizzando i movimenti delle ruote
  - Motrici
  - Ausiliarie
- ⇒ Misuratori di velocità a effetto Doppler
- ⇒ Sensori di orientamento
  - Bussole magnetiche
  - Bussole giroscopiche
- ⇒ Accelerometri
  - Unidirezionali
  - Piattaforme inerziali

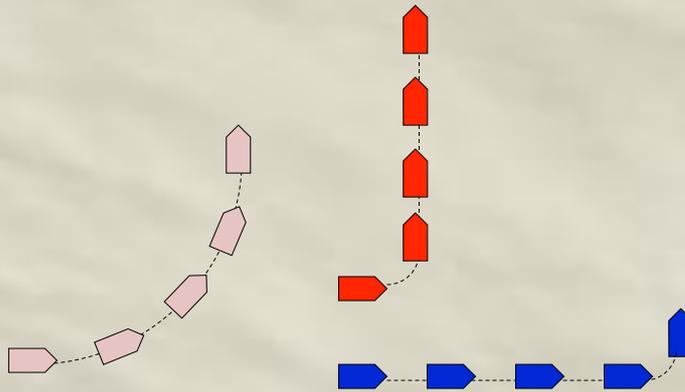
Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 6

## *L'odometria: il sistema più semplice*

⇒ Borenstein pag. 20

- Ma attenzione! L'intervallo di campionamento deve essere piccolo!

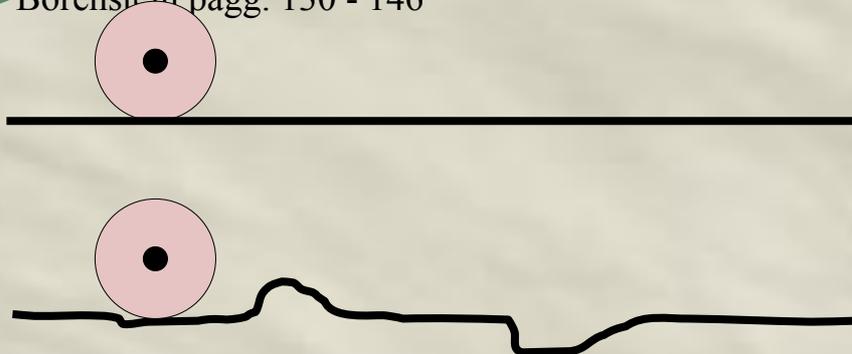


Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 7

## *Ovvie limitazioni dell'odometria*

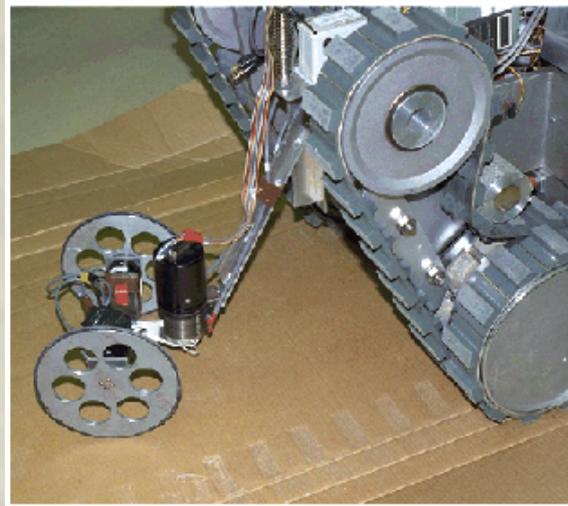
- ⇒ Applicabile solo se ci sono le ruote
- ⇒ Molto, molto imprecisa
- ⇒ Borenstein pagg. 130 - 146



Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 8

### *Un odometro di precisione:*

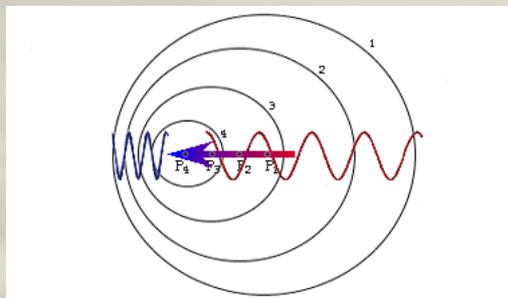


Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 9

### *Un sonar modificato: il sonar a effetto Doppler*

- ⇒ Effetto Doppler: apparente cambio della frequenza di un segnale dovuto alla velocità della sorgente
- ⇒ Usato sia con onde elettromagnetiche (radar a microonde), sia con ultrasuoni



$$f' = f \frac{V}{V - V_s}$$

Lezione 14 Il problema della localizzazione

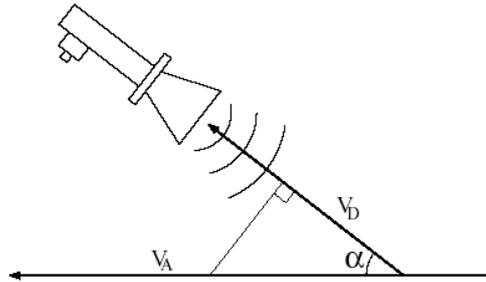
19 aprile 2013 10

## Misuratori a effetto Doppler:

$$V_A = \frac{V_D}{\cos\alpha} = \frac{cF_D}{2F_0 \cos\alpha} \quad (1.1)$$

where

- $V_A$  = actual ground velocity along path
- $V_D$  = measured Doppler velocity
- $\alpha$  = angle of declination
- $c$  = speed of light
- $F_D$  = observed Doppler shift frequency
- $F_0$  = transmitted frequency.

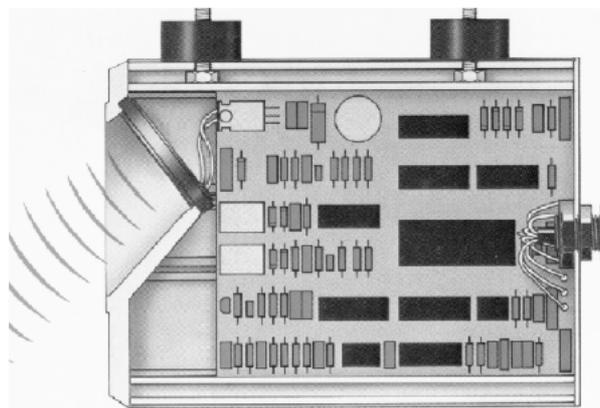


**Figure 1.4:** A Doppler ground-speed sensor inclined at an angle  $\alpha$  as shown measures the velocity component  $V_D$  of true ground speed  $V_A$ . (Adapted from [Schultz, 1993].)

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 11

## Un misuratore commerciale



**Figure 1.5:** The *Trak-Star* Ultrasonic Speed Sensor is based on the Doppler effect. This device is primarily targeted at the agricultural market. (Courtesy of Micro-Trak.)

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 12

## *Sensori di campo magnetico (bussole)*

- ⇒ Il campo magnetico terrestre permette misure estremamente precise, ma:
- C'è solo sulla Terra;
  - Si sposta nel tempo (declinazione “temporale”);
  - Non è diretto verso il nord geografico (declinazione “zonale”);
  - È deviato da materiali magnetici fissi (declinazione “locale”);
  - È deviato da materiali magnetici mobili (declinazione “accidentale”);
  - È deviato dallo stesso robot (deviazione di bussola)

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 13

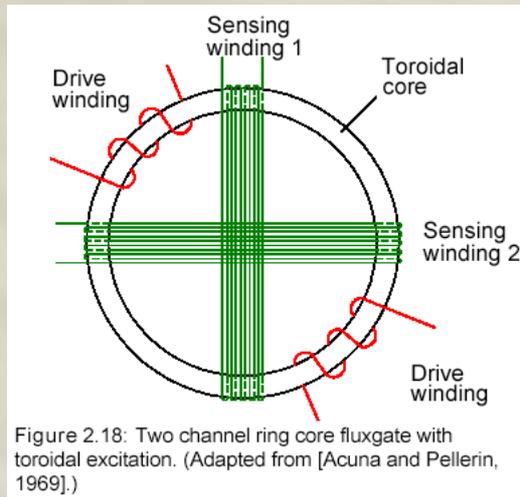
## *Bussole elettroniche*

- ⇒ È certamente possibile costruire una bussola elettronica prendendone una tradizionale, collegandola ad un encoder assoluto e leggendone i segnali, ma si può fare molto meglio...
- ⇒ ...costruendo bussole a stato solido, senza alcuna parte in movimento

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 14

## *Bussole "fluxgate"*



Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 15

## *Altre bussole magnetiche:*

- ⇒ Basate su sensori a effetto Hall
- ⇒ Basate su sensori magnetoresistivi
- ⇒ Altri sistemi
- ⇒ Sono ormai molto, molto economiche

Lezione 14 Il problema della localizzazione

19 aprile 2013 16