

*Robotica – Robot Industriali e di Servizio*

*Lezione 21:  
Ancora autolocalizzazione*



8 maggio 2012

*Prima di proseguire, parliamo di  
precisione*



- ⇒ Nei robot autonomi la precisione della localizzazione non deve essere molto alta:
- Nei robot per interni si tollerano errori di qualche decina di mm
  - Nei robot per esterni si tollerano errori di qualche metro
  - In genere è sufficiente portare il robot “nei dintorni” del goal
  - Poi si usano altri sistemi per l’avvicinamento finale (ammesso che serva)
    - Ottici
    - Meccanici

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 2

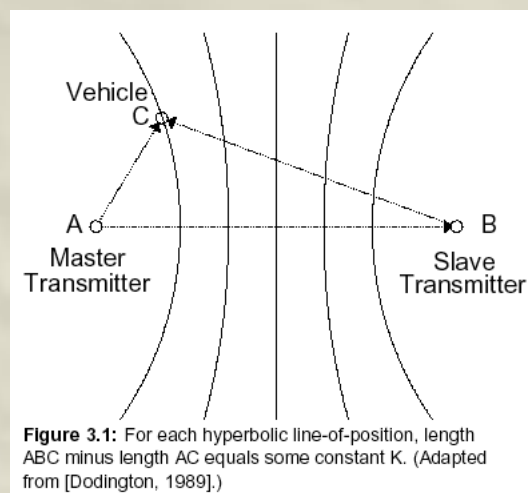
## *Se invece vogliamo usare la trilaterazione...*

- ⇒ Occorrono dei misuratori di distanza
  - Transponder radio-acustici
  - Transponder ottici-acustici (forniscono anche il rilevamento)
  - Emittitori radio “a orari fissi” (GPS)
- ⇒ O dei misuratori di “differenza di distanza”

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 3

## *Sistemi iperbolici (DECCA, Loran C, ecc.)*



Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 4

## Un esempio per uso militare

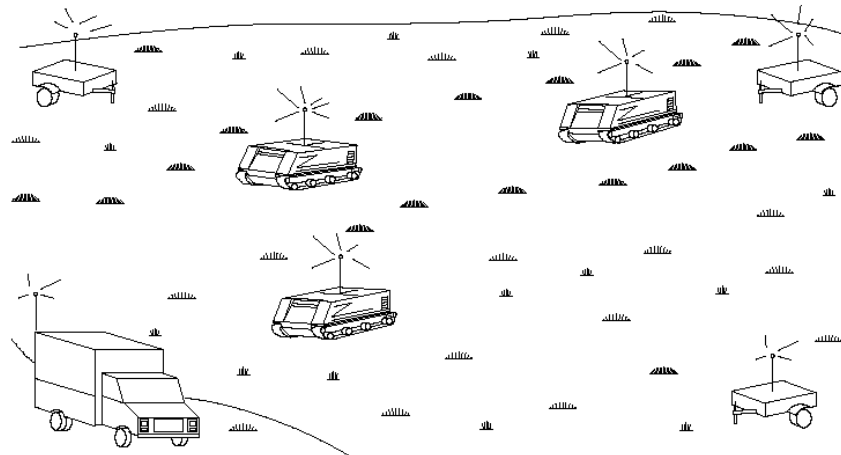


Figure 3.2: Kaman Sciences 1500 W navigation grid is a scaled-down version of the LORAN concept, covering an area 8 to 15 km on a side with a position-location repeatability of 1 m. (Courtesy of Kaman Sciences Corporation.)

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 5

## Il Navstar GPS

### ⇒ Global Positioning System

- Fornisce dati sulla posizione in qualunque punto della Terra:
  - Latitudine
  - Longitudine
  - (Altezza)
- Fornisce l'ora con estrema precisione;
- Assolve non ben chiari scopi militari.

**All'aperto!!!**

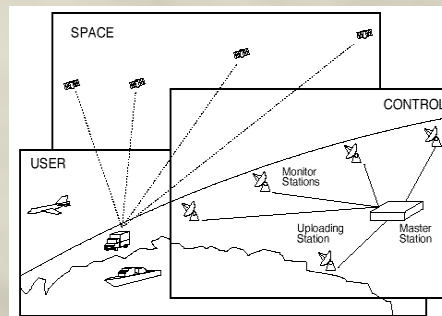


Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 6

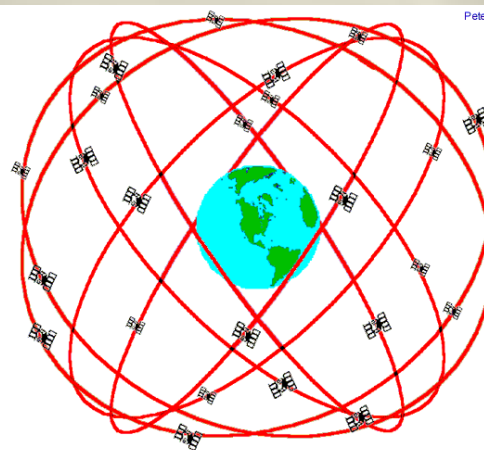
## Su cosa è basato

- ⇒ Costituito da tre “segmenti”;
- ⇒ Il segmento “user” è totalmente passivo (riceve solamente);
- ⇒ Usa 24 satelliti su 6 piani inclinati di 55°;
- ⇒ Ogni satellite percorre un’orbita controllata e ha un orologio atomico di estrema precisione;
- ⇒ Altezza satelliti: ~20200Km;
- ⇒ Un’orbita in ~12 ore;
- ⇒ Onde cortissime (~ 1,5 GHz);
- ⇒ Misura il tempo di viaggio delle onde;
- ⇒ Per fare il punto occorrono almeno tre satelliti (non allineati) e un orologio preciso, oppure quattro satelliti.



Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

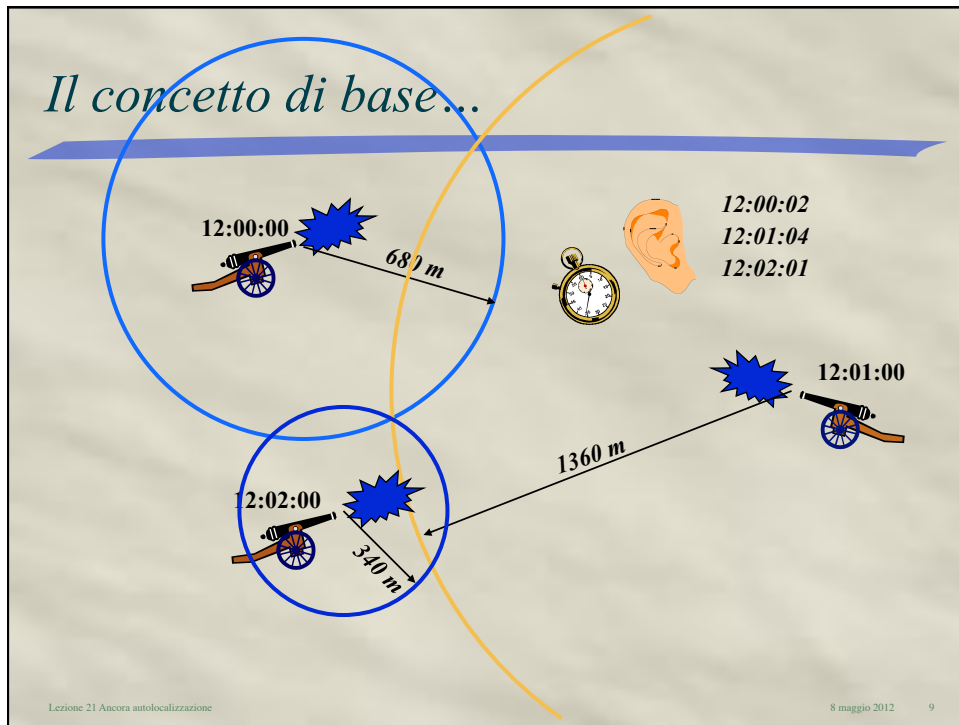
## Le orbite:



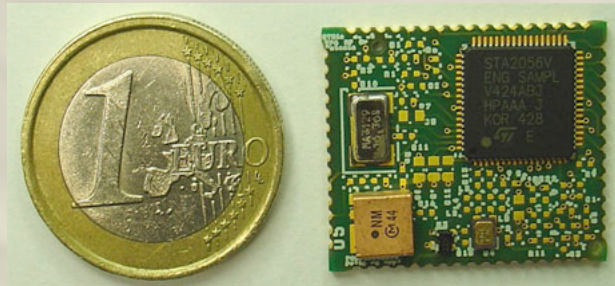
Peter H. Dana 9/22/98

**GPS Nominal Constellation**  
24 Satellites in 6 Orbital Planes  
4 Satellites in each Plane  
20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione



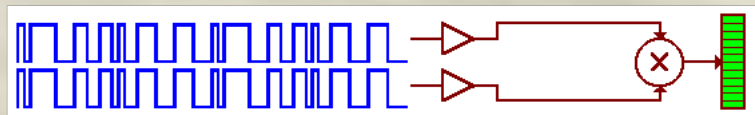
## *Un ricevitore:*



Lezione 21 Ancora autocalizzazione

8 maggio 2012 11

## *Il concetto di correlazione*



[http://www.colorado.edu/  
geography/gcraft/notes/gps/gif/  
bitsanim.gif](http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gif/bitsanim.gif)

Lezione 21 Ancora autocalizzazione

8 maggio 2012 12

## *L'avvio del GPS*

- ⇒ Cold start
  - Il ricevitore non sa nulla (1÷5 min);
- ⇒ Cold start modificato
  - Il ricevitore ha un'idea approssimativa della posizione e dell'ora ( $\approx 1$  min);
- ⇒ Warm start
  - Il ricevitore sa più o meno dove si trova e che ora è ( $\approx 30$  s).
- ⇒ Assisted GPS
  - Utilizza le informazioni di posizione fornite dalle celle del servizio di telefonia cellulare per stabilire inizialmente la zona in cui si trova (trasforma un cold start in uno warm start)

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 13

## *La precisione del GPS*

- ⇒ La precisione del GPS è impressionante
- ⇒ Due livelli di precisione:
  - Course Acquisition (C/A): in chiaro
  - P-code (Y-code): criptato
- ⇒ Le carte possono essere molto meno precise!
- ⇒ Non esiste più la selective availability.

*C/A-code stand alone **100 m** (in realtà è assai migliore)*

*P-code stand alone 16 m*

*Differential (C/A-code) 3 m*

*Differential (P-code) unknown*

*Phase differential (codeless) 1 cm*

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 14

## Gli errori del GPS

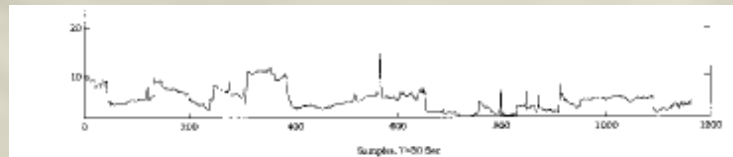
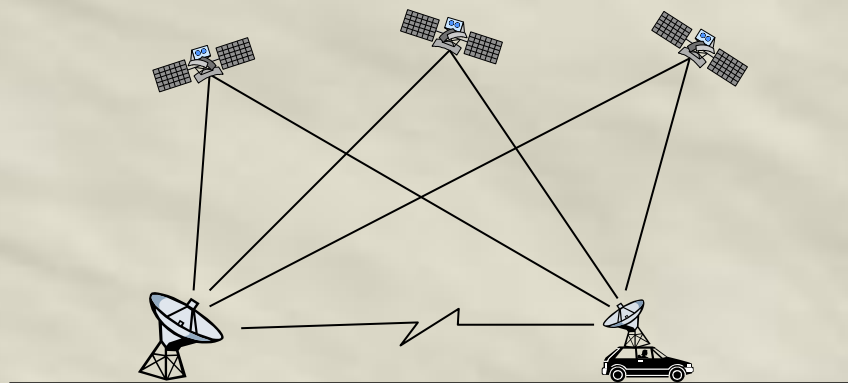


Figure 3.7: Typical GPS static position error with SA "Off". (Courtesy of Byrne [1993]).

Table 3.3: Summary of potential error sources for measured pseudoranges [Brown and Hwang, 1992].

Error Source	Standard Deviation	
	[m]	[ft]
Satellite position	3	29
Ionospheric refraction	5	16.4
Tropospheric refraction	2	6.6
Multipath reflection	5	16.4
Selective availability	30	98.4

## Il concetto di GPS differenziale





## *Altre funzioni del GPS*

- ⇒ Fornisce data e ora;
- ⇒ Dal confronto di più posizioni successive può calcolare
  - Rotta vera;
  - Velocità vera;
- ⇒ Può memorizzare la rotta seguita come una serie di punti;
- ⇒ Può mettere la posizione su una carta;
- ⇒ Può calcolare lo scostamento da una data rotta e la direzione in cui andare per tornare sulla rotta giusta.

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 17

## *NMEA: quel che dice il GPS*

```
SGPGSV,3,3,09,30,07,138,31,,,,,,,,,4C
SPGRME,15.0,M,22.5,M,15.0,M*1B
SGPGLL,4409.713,N,00939.175,E,144028,A*2D
SPGRMZ,136,f,3*1F
SPGRMM,European 1950*73
SGPBOD,T,M,,*47
SGPRTE,1,1,c,0*07
SGPRMC,144029,A,4409.714,N,00939.173,E,004.0,309.7,250200,000.6,E*7B
SGPRMB,A,,,,,,,,,V*71
SGPGGA,144029,4409.714,N,00939.173,E,1.08,2.0,41.5,M,48.1,M,,*72
SGPGSA,A,3,03,06,10,17,,22,23,25,30,,,,,2.9,2.0,3.0*3F
SGPGSV,3,1,09,03,26,279,41,06,29,080,42,10,06,029,30,17,71,073,48*78
SGPGSV,3,2,09,21,03,171,00,22,62,292,48,23,23,139,40,25,19,212,38*7D
SGPGSV,3,3,09,30,07,138,31,,,,,,,,,4C
SPGRME,15.0,M,22.5,M,15.0,M*1B
SGPGLL,4409.714,N,00939.173,E,144030,A*25
SPGRMZ,136,f,3*1F
SPGRMM,European 1950*73
SGPBOD,T,M,,*47
SGPRTE,1,1,c,0*07
SGPRMC,144031,A,4409.715,N,00939.171,E,004.0,309.7,250200,000.6,E*71
SGPRMB,A,,,,,,,,,V*71
```

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 20

## *Un esempio di uso del DGPS*

- ⇒ Navigazione in esterni
- ⇒ Seguendo percorsi prefissati
- ⇒ Evitando ostacoli
- ⇒ Trasmettendo dati



Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 21

## *Anche su terreni sconnessi...*



Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 22

*Roby in azione...*



[www.infosol.it](http://www.infosol.it)

Lezione 21 Ancora autocalizzazione

8 maggio 2012 23



[www.infosol.it](http://www.infosol.it)

Lezione 21 Ancora autocalizzazione

8 maggio 2012 24

## *L'interfaccia utente*



Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 25

## *Esempi di (auto)localizzazione topologica*

- ⇒ Transponder a brevissima distanza (pochi cm): RFID
- ⇒ Alimentati per induzione (senza batterie)
- ⇒ Di costo irrisorio
- ⇒ Possono essere “disseminati” negli ambienti di lavoro dei robot (sotto il pavimento)
- ⇒ Possono fornire alcune centinaia di byte di informazione (e anche funzioni più complesse)

Lezione 21 Ancora autolocalizzazione

8 maggio 2012 26