

*Robotica A*

*Lezione 4:  
Altri problemi fondamentali*



19-01-2004

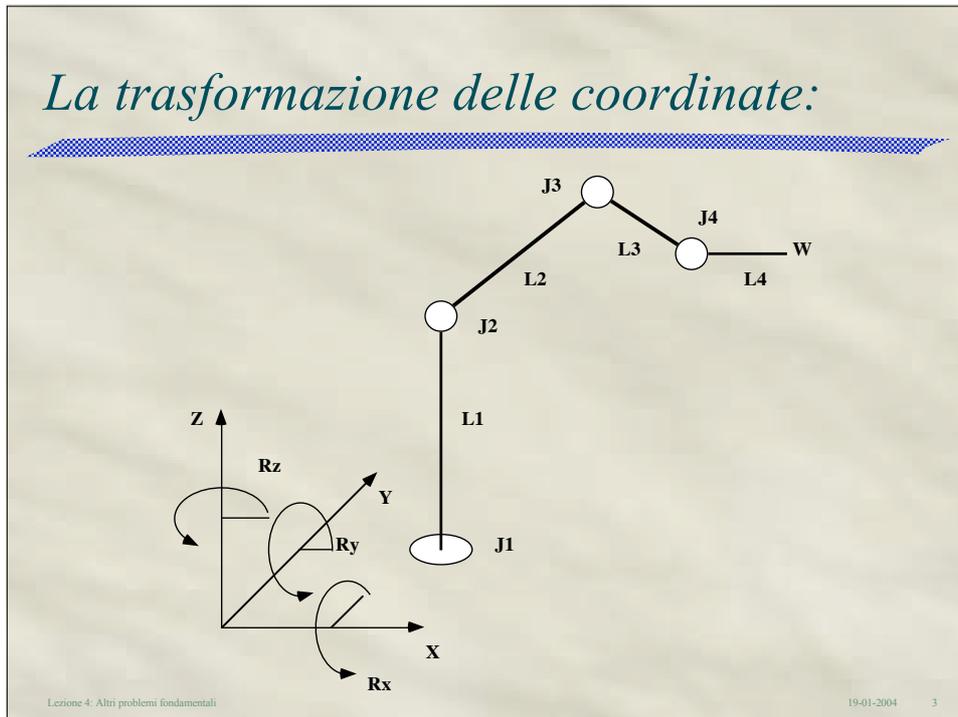
*Il terzo problema:*



⇒ Dove muoversi

Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 2



### La trasformazione delle coordinate

⇒ Dal momento che noi siamo capaci di pensare solo in coordinate cartesiane, dobbiamo trasformare le coordinate dei giunti nelle coordinate cartesiane della mano.

⇒ Questa trasformazione si chiama trasformazione cinematica diretta (DKT):

$$X_W = f_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$$

$$Y_W = f_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$$

$$Z_W = f_3(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$$

$$R_{X_W} = f_4(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$$

$$R_{Y_W} = f_5(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$$

$$R_{Z_W} = f_6(\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6)$$

⇒  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6$  dipendono dalle dimensioni e dalla configurazione del robot

Lezione 4: Altri problemi fondamentali 19-01-2004 4

### Robot articolato a 4 GdL (1):

$$X_{J1} = a$$

$$Y_{J1} = b$$

$$Z_{J1} = 0$$

Lezione 4: Altri problemi fondamentali 19-01-2004 5

### Robot articolato a 4 GdL (2):

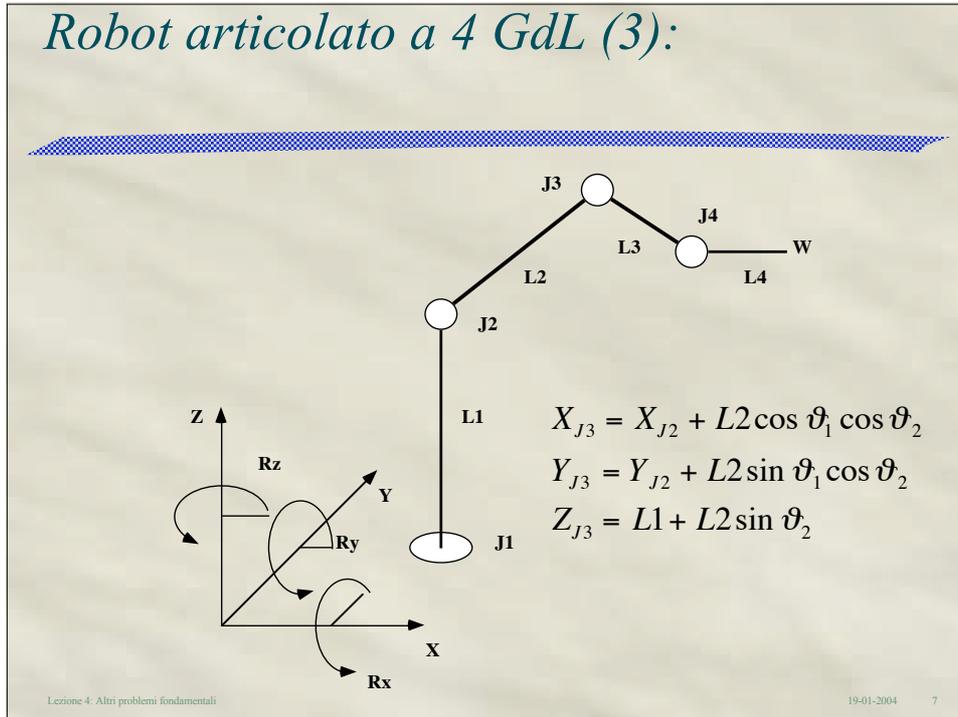
$$X_{J2} = X_{J1}$$

$$Y_{J2} = Y_{J1}$$

$$Z_{J2} = L1$$

Lezione 4: Altri problemi fondamentali 19-01-2004 6

### Robot articolato a 4 GdL (3):



### Ancora trasformazione:

⇒ Ma quello che ci interessa in realtà è la trasformazione dalle coordinate del polso alle coordinate dei giunti.

⇒ Questa trasformazione si chiama trasformazione cinematica inversa (IKT):

$$\theta_1 = f_1(X_W, Y_W, Z_W, R_{X_W}, R_{Y_W}, R_{Z_W})$$

$$\theta_2 = f_2(X_W, Y_W, Z_W, R_{X_W}, R_{Y_W}, R_{Z_W})$$

$$\theta_3 = f_3(X_W, Y_W, Z_W, R_{X_W}, R_{Y_W}, R_{Z_W})$$

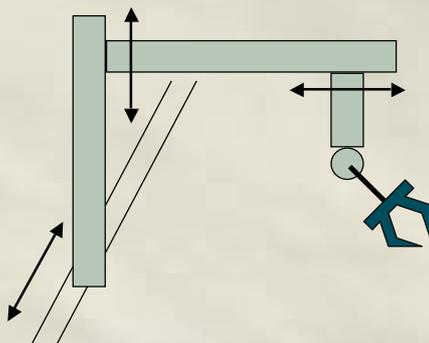
$$\theta_4 = f_4(X_W, Y_W, Z_W, R_{X_W}, R_{Y_W}, R_{Z_W})$$

$$\theta_5 = f_5(X_W, Y_W, Z_W, R_{X_W}, R_{Y_W}, R_{Z_W})$$

$$\theta_6 = f_6(X_W, Y_W, Z_W, R_{X_W}, R_{Y_W}, R_{Z_W})$$

### *Robot cartesiano: IKT semplice ( $\pm$ )*

- ⇒ Basta calcolare le coordinate cartesiane ortogonali del giunto di polso e portare i primi tre giunti nelle posizioni corrispondenti.



Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 9

### *Altre strutture:*

- ⇒ Per i robot cilindrici e sferici il discorso è analogo a quello del robot cartesiano.
- ⇒ Per i robot articolati invece la soluzione analitica dà luogo ad una espressione complicatissima. Inoltre, bisogna tener presente che la soluzione non è unica.

Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 10

## *Il controllo del manipolatore*

⇒ Problema: portare il braccio in una determinata posizione.

⇒ Algoritmo:

- Calcolare le coordinate finali di ogni giunto;
- Portare ogni giunto nella posizione finale.



Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 11

## *Il controllo del manipolatore*

⇒ Per migliorare la traiettoria, si può usare l'algoritmo del giunto dominante.

⇒ Algoritmo:

- Calcolare le coordinate finali di ogni giunto;
- Trovare il giunto che impiegherà il maggior tempo (giunto dominante);
- Portare ogni giunto nella posizione finale, regolando le velocità in modo che tutti i giunti impieghino lo stesso tempo.



Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 12

## *Il controllo del manipolatore*

- ⇒ Per seguire traiettorie imposte, si può usare l'algoritmo di Inseguimento Cinematico della Posizione (ICdP).
- ⇒ Algoritmo:
  - Calcolare l'equazione della traiettoria;
  - Spezzare la traiettoria in tanti piccoli segmenti;
  - Raggiungere successivamente l'estremità di ogni segmento con l'algoritmo del giunto dominante.



Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 13

## *Esigenze dell'ICdP*

- ⇒ Per ottenere un buon controllo di traiettoria, i punti devono essere quanto più possibile vicini fra loro.
- ⇒ La traiettoria non può essere calcolata a priori, perché non si conosce il punto di partenza del robot (e spesso neanche quello di arrivo).
- ⇒ Per ogni punto, occorre effettuare una IKT.
- ⇒ Occorre poter calcolare la IKT in pochi millisecondi (10–20 al massimo, ma anche molto meno per macchine veloci).

Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 14

## *Un braccio a tre gradi di libertà...*

⇒ Qui occorre una dimostrazione pratica!

## *Soluzioni multiple:*

- ⇒ Non è affatto detto che un braccio possa raggiungere una determinata posizione in un solo modo
- ⇒ Molte strutture hanno normalmente due o quattro soluzioni per ogni punto
- ⇒ Alcuni punti ammettono infinite soluzioni (punti singolari)
- ⇒ Occorrerà fornire dei criteri per privilegiare una soluzione rispetto alle altre.

## *Abbiamo una definizione?*

- ⇒ Un braccio manipolatore è un dispositivo meccanico in grado di portare la sua estremità in qualunque posizione con qualunque orientamento all'interno di un certo volume solido (spazio di lavoro) e...
- ⇒ Non è la definizione di robot, ma abbiamo fatto un passo avanti!

## *Il quarto problema:*

- ⇒ Far muovere i giunti

*Per far muovere i giunti occorrono almeno tre cose:*

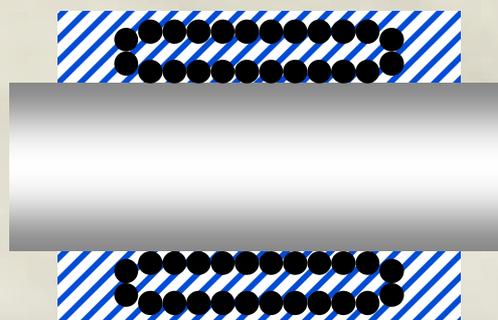
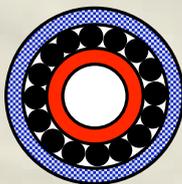
- ⇒ Giunti
- ⇒ Motori
- ⇒ Trasmissioni

Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 19

*Tecnicamente parlando:*

- ⇒ Occorrono cuscinetti
  - A strisciamento (bronzine)
  - Volventi (a sfere, rulli cilindrici, rulli conici, ecc.)
- ⇒ Giunti di rotazione: più semplici ed economici (maggiore precisione)



Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 20

## Requisiti dei motori:

- ⇒ Tipo di movimento
  - Lineare
  - Rotatorio
- ⇒ Controllabilità
  - In velocità
  - In posizione
- ⇒ Energia:
  - Elettrica
  - Idraulica
  - Pneumatica
- ⇒ Caratteristiche elettromeccaniche
  - Potenza
  - Peso
  - Dimensioni
  - Inerzia
  - Velocità
  - ...

Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 21

## Prima di andare avanti:

- ⇒ I motori appartengono alla classe degli **attuatori**:

*Dispositivi che, rispondendo a stimoli (elettrici) applicati al loro ingresso, producono modificazioni fisiche di se stessi e/o dello spazio circostante dipendenti dagli stimoli secondo una legge nota.*

Lezione 4: Altri problemi fondamentali

19-01-2004 22

