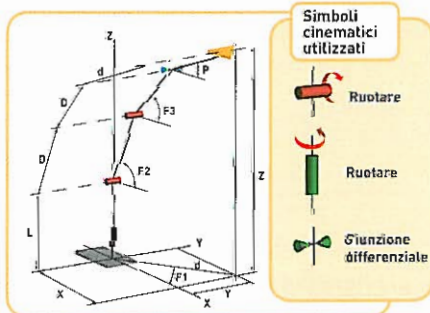


La soluzione diretta e inversa

La cinematica dei robot si occupa di definire la posizione del manipolatore rispetto a un sistema di coordinate lungo il tempo, e il suo scopo è risolvere due problemi sostanziali:

1) Problema cinematico diretto: calcola la posizione e l'orientamento dell'elemento terminale in base ai parametri che definiscono la situazione delle articolazioni e delle dimensioni del manipolatore.

2) Problema cinematico inverso: calcola il valore che devono avere i movimenti rotatori e di spostamento delle articolazioni per una determinata situazione e orientamento



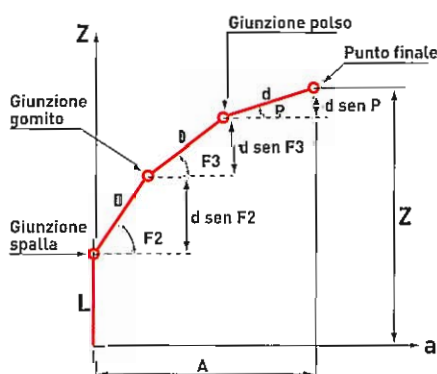
Modello cinematico del robot TeachMover.

dell'elemento terminale. Per risolvere questi due problemi si possono applicare le regole della trigonometria, oppure in modo più preciso, utilizzare il calcolo matriciale e le trasformate omogenee.

Abbiamo scelto il robot di formazione TeachMover per risolvere i due problemi cinematici mediante la formulazione trigonometrica in prima approssimazione. In seguito codificheremo le azioni così ottenute con un linguaggio di alto livello come il BASIC, e dopo aver ottenuto il programma sarà sufficiente farlo eseguire a un sistema a microcomputer per muovere gli elementi che compongono il robot, sino a raggiungere l'obiettivo previsto.

La soluzione diretta per il TeachMover

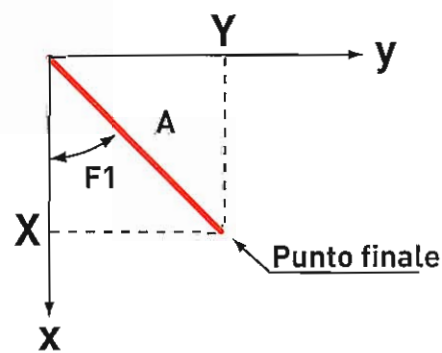
Nella fotografia possiamo vedere, in primo piano, il robot ad uso didattico TeachMover, e sullo sfondo il robot per didattica e ricerca RHINO. In un capitolo precedente abbiamo già presentato le caratteristiche principali di



Proiezione degli elementi del manipolatore sul piano formato dagli assi z e a.



Il robot didattico TeachMover in primo piano nella fotografia.



Proiezione di A sul piano x-y.

entrambi. Lo schema della figura presenta il modello cinematico relativo al TeachMover.

Le coordinate F_1 , F_2 e F_3 corrispondono alle angolazioni del corpo, del braccio e dell'avambraccio rispettivamente. F_4 e F_5 sono i valori dell'angolo di



rotazione della giunzione differenziale del polso, che forniscono i movimenti "pitch" e "roll". In questo schema sono indicate le direzioni degli angoli positivi delle articolazioni.

La soluzione diretta nel TeachMover fornisce le equazioni trigonometriche che risolvono il valore delle coordinate (x, y, z) e il valore degli angoli "pitch" e "roll" in funzione degli angoli delle articolazioni F1, F2, F3, F4 e F5.

Se si prende come riferimento il piano formato dall'asse z e dall'asse x mostrato nella figura, si può calcolare il valore di z secondo il grafico mostrato nell'altra figura.

$$Z = L + D \sin F2 + D \sin F3 + d \sin P$$

Per ricavare il valore delle coordinate x, y, z si inizia a calcolare A.

$$A = D \cos F2 + D \cos F3 + d \cos P$$

Il valore dell'angolo "pitch" (P) e "roll" (R) si può ottenere in funzione di F4 e F5.

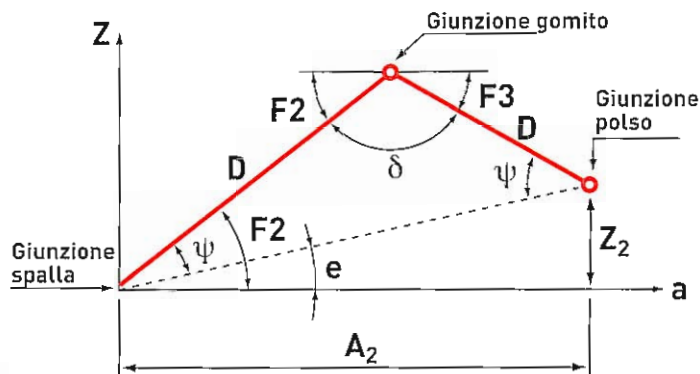
$$P = 1/2 (F5 + F4) \quad x = A \cos F1$$

$$R = 1/2 (F5 - F4) \quad y = A \sin F1$$

Nel riquadro presentiamo il programma, in linguaggio BASIC, necessario per la risoluzione delle equazioni ottenute per la soluzione diretta del TeachMover

La soluzione inversa del TeachMover

In questo caso si tratta di ottenere il valore delle coordinate F1, F2, F3, F4 e F5



Sistema di riferimento con l'origine nella spalla del manipolatore.

conoscendo le coordinate di posizione (x, y, z) e gli angoli pitch e roll. Si inizia calcolando F1 proiettando A sul piano x-y, come si può vedere nello schema della figura e si ottiene $F1 = \arctg y/x$. Dalla relazione degli angoli P (pitch) e R (roll) con i valori F4 e F5 si ottengono questi ultimi valori:

$$P = 1/2 (F5 + F4) \quad R = 1/2 (F5 - F4)$$

$$F5 = P + R \quad F4 = P - R$$

Mediante le relazioni trigonometriche che si possono stabilire nel grafico della figura, si ottengono i seguenti valori:

$$F2 = y + r \quad F3 = y - r$$

Raccomandiamo ai lettori interessati all'approfondimento dell'aspetto matematico di questi temi, di consultare il libro "Robótica Practica" di ITP Paraninfo, ISBN: 84-283-2239-2.

```

REM "SOLUZIONE DIRETTA TEACHMOVER"
PRINT "INSERIRE I VALORI DELLE COORDINATE DI GIUNZIONE"
INPUT "F1=";F1
INPUT "F2=";F2
INPUT "F3=";F3
INPUT "F4=";F4
INPUT "F5=";F5
P = .5 * (F5 + F4)
R = .5 * (F5 - F4)
Q = 117.8 * COS(F2*3.1515927/180) + 117.8*COS(F3*3.1415927/180)
M = 96.5 * COS(3.1415927*P/180)
A = Q + M
T = 195+117.8*SIN(3.1415927*F2/180)
S = 117.8*SIN(3.1415927*F3/180) + 96.5*SIN(3.1415927*P/180)
Z = T + S
X = A*COS(3.1415927*F1/180)
Y = A*SIN(3.1415927*F1/180)
PRINT "X=";X
PRINT "Y=";Y
PRINT "Z=";Z
PRINT "PITCH=";P
PRINT "ROLL=";R
    
```