

Dottorato in Meccanica Applicata

XX Ciclo – I anno di corso



*Comportamento dinamico di
manipolatori interagenti con
l'ambiente*

Dottorando:

Nicola Pedrocchi

Tutor:

prof. Giovanni Legnani

Progetto svolto in collaborazione con ITIA-CNR (sede di Milano)

Focus del progetto



Tipi di interazione:

- Assemblaggio robotizzato*
- Contornatura robotizzata*
- Lavorazioni superficiali*
- Calibrazione*
- Robot guidance*
- ...

1. Ambiente non strutturato
2. No programmazione della traiettoria off-line

Obiettivo del progetto:

- ✓ *Formalizzazione dei diversi task attraverso un formalismo coerente*
- ✓ *Studio di algoritmi di controllo che rendano possibili numerosi tipi di interazione differenti;*
- ✓ *Realizzazione di un controllore che garantisca:*
 - La possibilità di svolgere lo stesso compito attraverso diversi algoritmi di controllo
 - La robustezza delle transizioni da un tipo di controllo ad un altro
 - Facile ri-programmabilità, versatile (User friendly)

Tecniche di controllo base



Force Control Techniques

- *Hybrid Control (Mason, 1981)*
- *Force/Velocity control (Craig 1981)*
- ...



L'interazione con l'ambiente è definita da vincoli con geometria ben definita (vincoli geometrici)

*Direzioni di controllo in forza/
Direzioni di controllo in velocità*

Control of compliant motion

- *Controllo di impedenza (Hogan, 1985)*
- *Controllo di rigidezza*
- ...



Pesa il contributo degli errori di forza, velocità e posizione (vincoli dinamici)

Definizione di matrici che stimino il valore da attribuire dei vari contributi

Punto di partenza

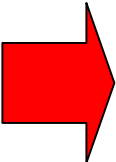




Spunti teorici per affrontarne le problematiche:

Natural Constraints: Vincoli determinati direttamente dalla geometria del compito
(Siciliano)

Primitives Skill: Insieme delle operazioni base eseguibili da un manipolatore
(Kröger)

Comportamento manipolatore/vincoli:

- a) Il vincolo può ridurre o impedire la mobilità del manipolatore in una o più direzioni   ***Contornatura***
- b) Il vincolo può obbligare all'esecuzione di certe movimentazioni in una o più direzioni  ***Guidance***



Ipotesi di lavoro

Concetto di Artificial Constraints

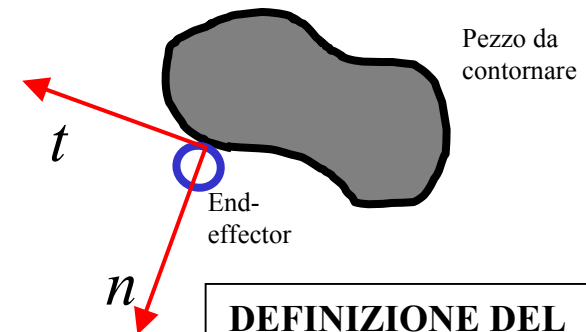
Differenziare la grandezza da controllare del manipolatore nelle diverse direzioni spaziali in funzione dei vincoli applicati



TASK FRAME (TF)

- * Introdotto da De Schutter/Mason
- * Grandezze differenti da controllare in ogni direzione del frame (posizione, velocità, forza, cedevolezza...)
- * Controllo disaccoppiato nelle direzioni del frame

→ Esempio:
Contour Tracking



DEFINIZIONE DEL TASK-FRAME:

DIREZIONE t

- Natural constraint: $F = 0$
- Artificial constraint: $V = \text{cost}$

DIREZIONE n

- Natural constraint: $\delta S = 0$
- Artificial constraint: $F = \text{cost}$



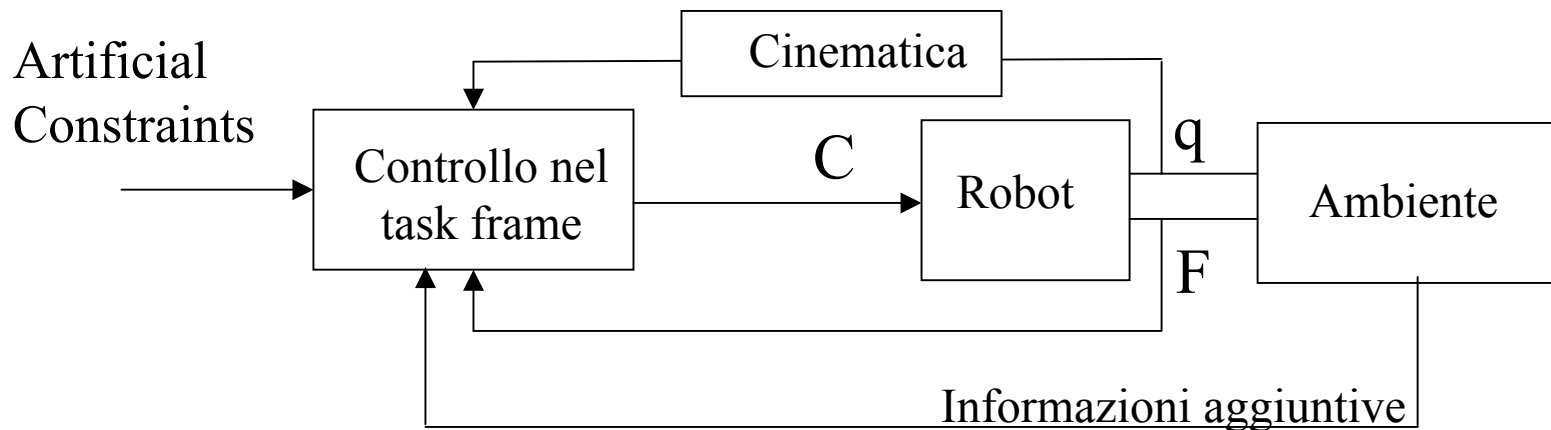
Ipotesi di lavoro (2)

Controllo **ESPLICITO** :

- Di posizione o velocità o forza od impedenza: differente lungo ogni direzione
- L'uscita del controllo nelle direzioni del task, opportunamente trasformata diventa il riferimento di coppia dei motori



Disaccoppiato ed intuitivo





Ipotesi di lavoro (3)

Controllo IMPLICITO:

– ANELLO ESTERNO



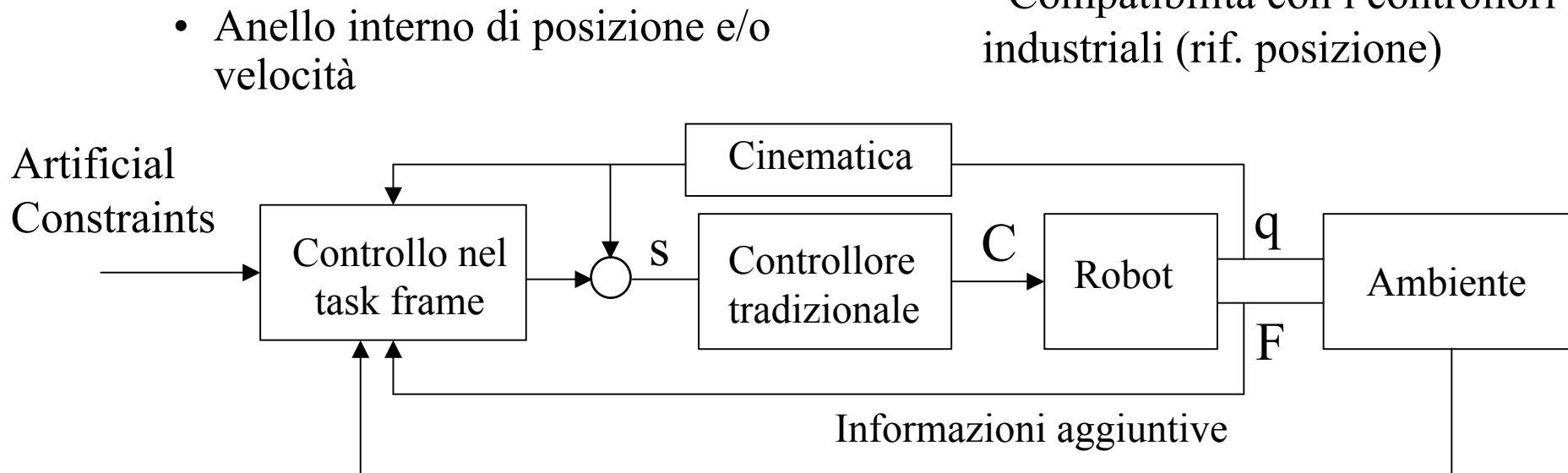
Disaccoppiato ed intuitivo

- Di posizione o velocità o forza od impedenza: differente per ogni direzione del TF

– ANELLO INTERNO



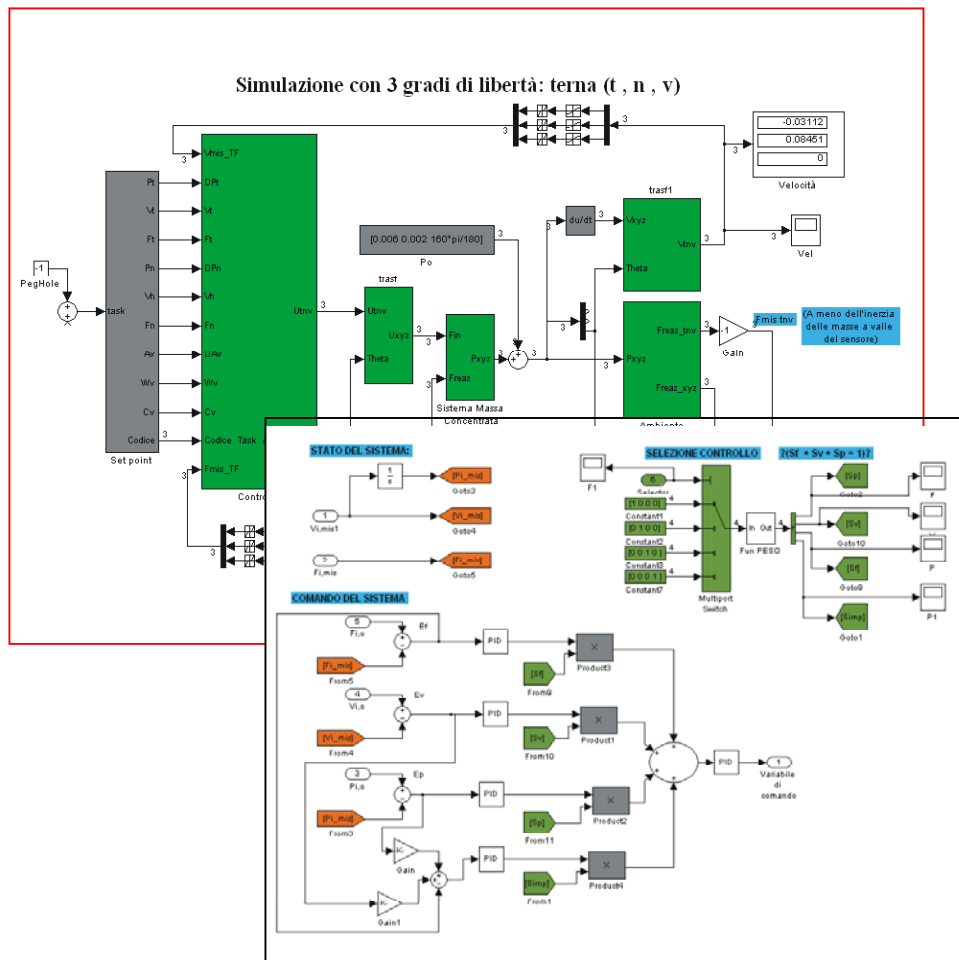
- Possibilità di inglobare schemi di controllo classici
- Compatibilità con i controllori industriali (rif. posizione)



Simulazioni



Schema simulink dell'algoritmo di controllo



1. Definizione degli schemi generali di un generico task
2. Simulazioni di generico contatto e di controllo disaccoppiato (planare, 3 gdl)

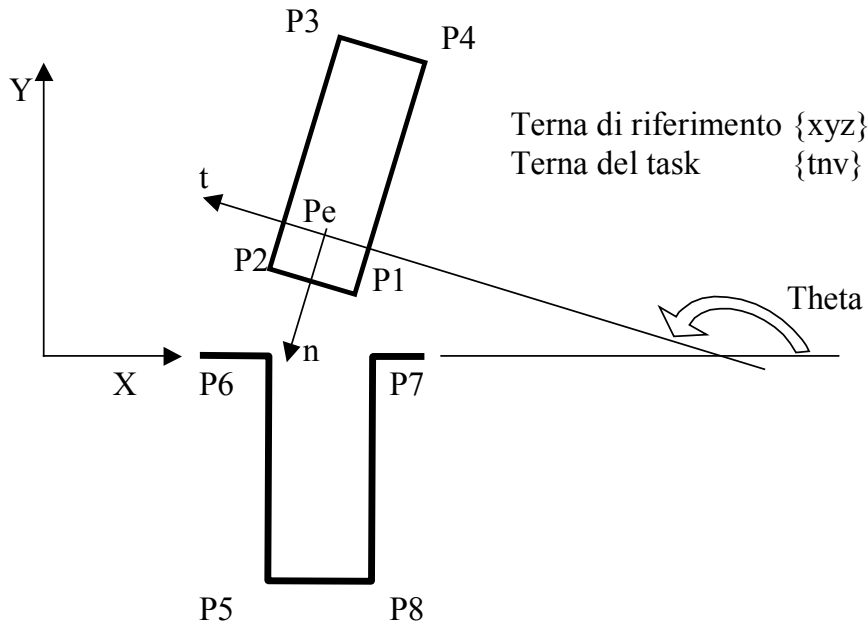
Oss:

- *Tuning molto delicato*
- *Relativa semplicità*
- *Stabilità dell'algoritmo*
- *Studiare le transizioni di controllo*

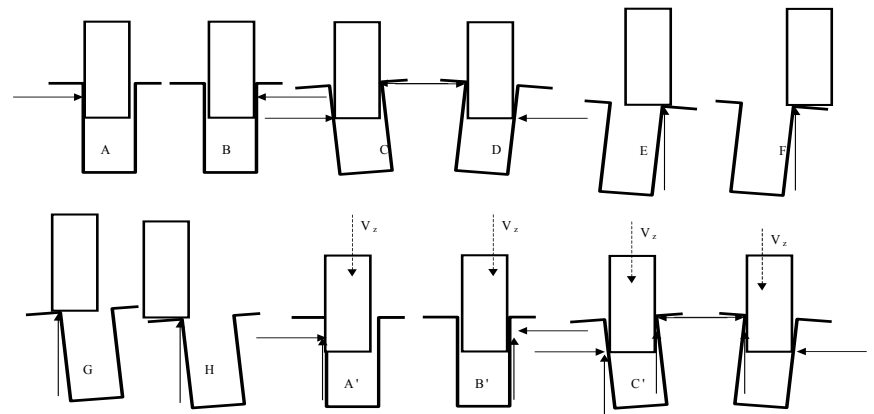
Simulazioni (2)



MODELLIZZAZIONE DEL PEG IN HOLE



PROBLEMA: posizione di primo contatto



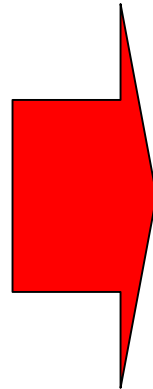
- Suddivisione di un task in operazioni base
- Controllo deve poter scegliere tra diverse strategie di movimento

Specifiche del software di controllo



- ESECUZIONE DEI SEGUENTI TASK

- 1) Peg in hole
- 2) Contour Tracking
- 3) Crank turning
- 4) Palleting
- 5) Finger
- 6) Lucidatura



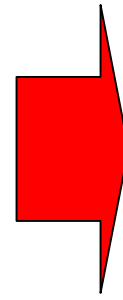
- a) Formalizzazione di ognuno dei task attraverso il formalismo di Mason/Deschutter
- b) Identificazione delle problematiche e delle peculiarità di ogni compito
- c) Modellizzazione di ogni compito

Specifiche del software di controllo (2)



COMANDO DI DIVERSI TIPI DI ROBOT

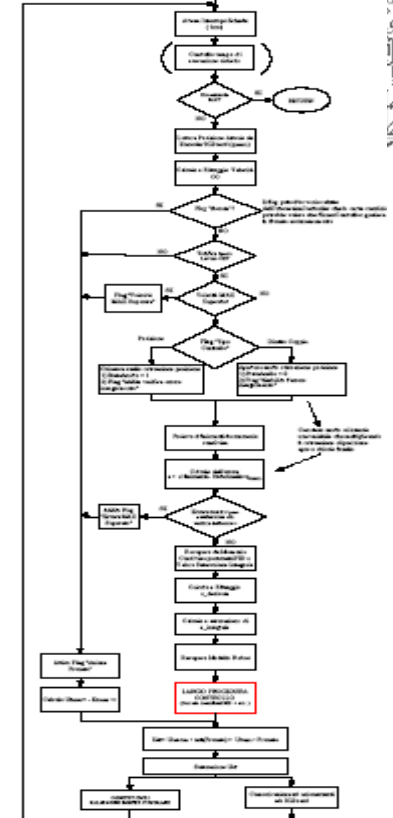
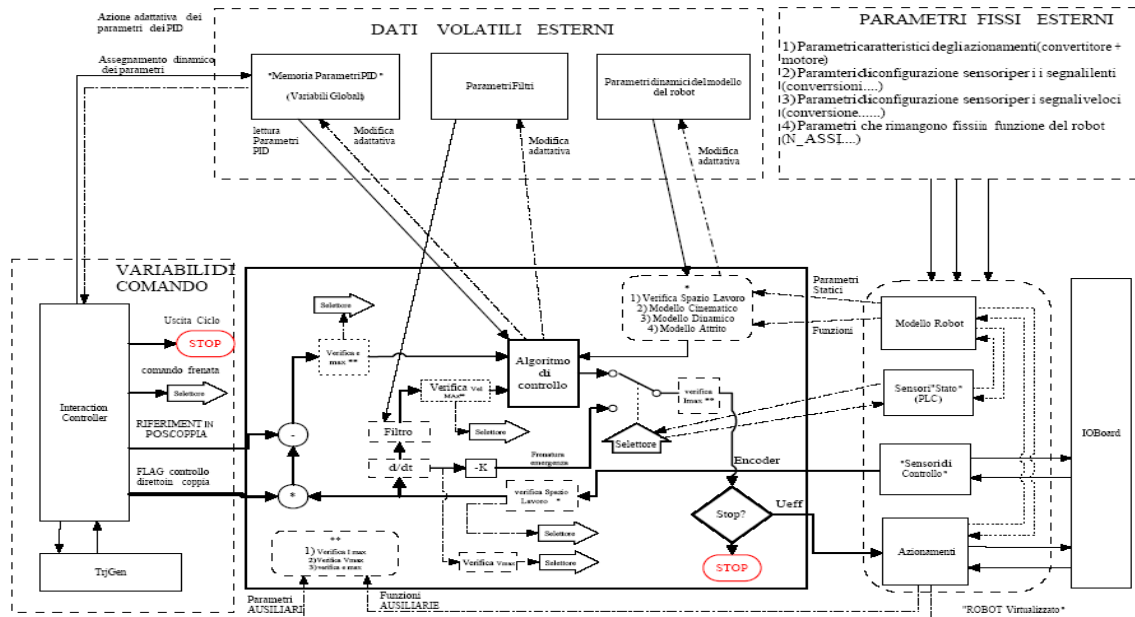
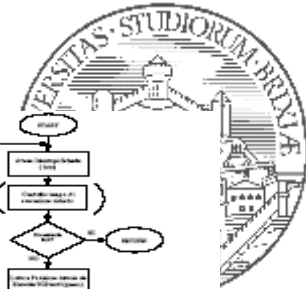
- 1) *Cheope* (UniBs)
- 2) *Scara Icomatic 03* (UniBs)
- 3) *Morpheus* (ITIA)
- 4) *PA10* (ITIA)



- a) Studio delle architetture software e di controllo utilizzate nel mercato
- b) Manutenibilità e possibile ampliamento del sw

- Strutture cinematiche differenti
- Diversi Hardware di controllo
- Software di supporto diversi

Specifiche del software di controllo (3)



Analisi del controllore morpheum:

1. Sequence/State Diagram
2. Flow chart

Ingegnerizzazione del nuovo SoftWare:

1. Analisi Statica
2. Pianificazione delle operazioni

Focus & Obiettivi



- ❑ *Razionalizzazione degli algoritmi di controllo per manipolatori interagenti con l'ambiente*
- ❑ *Studio delle applicazioni da eseguire*
- ❑ *Prima implementazione di un controllore dell'interazione*
- ✓ *Completamento del software di controllo*
- ✓ *Verifica del sistema di controllo attraverso test su vari manipolatori*
- ✓ *Consolidamento di un linguaggio teorico per la descrizione dell'algoritmo*



Grazie per l'attenzione

A.A 2004/2005 – XX Ciclo