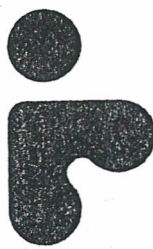




UCIMU - SISTEMI PER PRODURRE



SIRI
Associazione Italiana
di Robotica



QUARTO CONGRESSO NAZIONALE SIRI
SIRI FOURTH NATIONAL CONFERENCE

ROBOTICA FRA SCIENZA E TECNOLOGIA

ROBOTS BETWEEN SCIENCE & TECHNOLOGY

Milano, Marzo/ March, 21-23, 1988

SVILUPPO DI UN SISTEMA DI PRESA PER ROBOT SENSIBILE ALLO SCIVOLAMENTO DEGLI OGGETTI AFFERRATI

Guido Berti, Aldo Rossi, Danilo Tempia

Istituto di Meccanica Applicata alle Macchine - Università di Padova.

Introduzione

La movimentazione di oggetti in cui non sia possibile effettuare la presa con contatto di forma, ma solo con contatto di forza ha dato origine ad un' ampia varietà di sistemi di preensione. Infatti in genere non si tratta di effettuare semplici spostamenti con oggetti di forma invariata, ma di afferrare dei particolari in modo da poterli lavorare, spesso cambiandone significativamente la forma senza che per altro l' efficacia della presa venga pregiudicata.

Nel settore dell' assemblaggio industriale, dove determinante é il raggiungimento di un alto grado di produttività, si é affrontato il problema mettendo a disposizione del robot differenti azionamenti terminali. La tipologia può essere così classificata [1]:

- dita intercambiabili;
- pinze intercambiabili;
- sistemi a multipinze (flip-over hand);
- pinze a presa multipla.

La necessità di variare il tipo di utensile terminale può essere limitata costruendo un "end-effector" che possa regolare la presa, entro determinati limiti dimensionali, in funzione delle caratteristiche dell' oggetto da manipolare. La funzionalità di questi sistemi di presa é quindi condizionata principalmente dalla efficienza dei sistemi tattili di contatto delle falangi [2].

Nel presente lavoro viene illustrato un azionamento di estremità dotato di sensori, che consente di afferrare e movimentare oggetti, applicando loro la forza di pressione minima necessaria, controllando che tale valore minimo sia inferiore al valore massimo consentito dall'oggetto da afferrare, consentendo di poter utilizzare uno stesso utensile di presa in diverse condizioni operative [3].

Caratteristiche dell' elemento di presa

L'azionamento del sistema di presa, schematicamente rappresentato in fig.1, opera nel seguente modo:

- effettua un graduale serraggio delle dita sull'oggetto finchè non viene rilevata la presenza di una pressione di contatto;
- si effettua un movimento e la forza misurata dal sensore è confrontata con quella stimata in fase di progetto; l'eguaglianza delle due forze conferma che l'oggetto è

- afferrato in modo sicuro e si può procedere nella movimentazione;
- in caso contrario è necessario invertire il movimento, riportarsi nella posizione precedente e ripetere il tentativo dopo aver effettuato un ulteriore serraggio delle dita controllando che la pressione esercitata sul perno non superi il valore massimo stabilito.

Elemento caratteristico di detto azionamento è il polpastrello studiato in modo da permettere di misurare le componenti di forza nel piano di contatto tra polpastrello e oggetto e la componente di pressione in direzione ortogonale a tale piano.

La struttura del polpastrello è stata montata su un piattello sul quale viene scaricata la forza di contatto: tale forza è rilevata da estensimetri posti sulla faccia opposta di tale piattello (fig. 2). Il polpastrello è dotato di rivestimento polimerico, con superficie non liscia ed è parzialmente deformabile in modo da adattarsi alla superficie dell'oggetto.

Il trasduttore di forza appena descritto è montato sul supporto rappresentato in fig. 3. La soluzione costruttiva adottata garantisce in questo modo che il sensore non ruoti, garantendo che l'oggetto venga mantenuto in posizione. Si realizza infatti una condizione di appoggio sulla superficie piana costituita dalle lamine di misura inserite nelle guide prismatiche ricavate nel supporto del polpastrello, tale da realizzare un vincolo bilaterale che impedisce allo stesso di ruotare. Tali guide inoltre impediscono le traslazioni assiali del supporto, cioè nella direzione di pressione sull'oggetto.

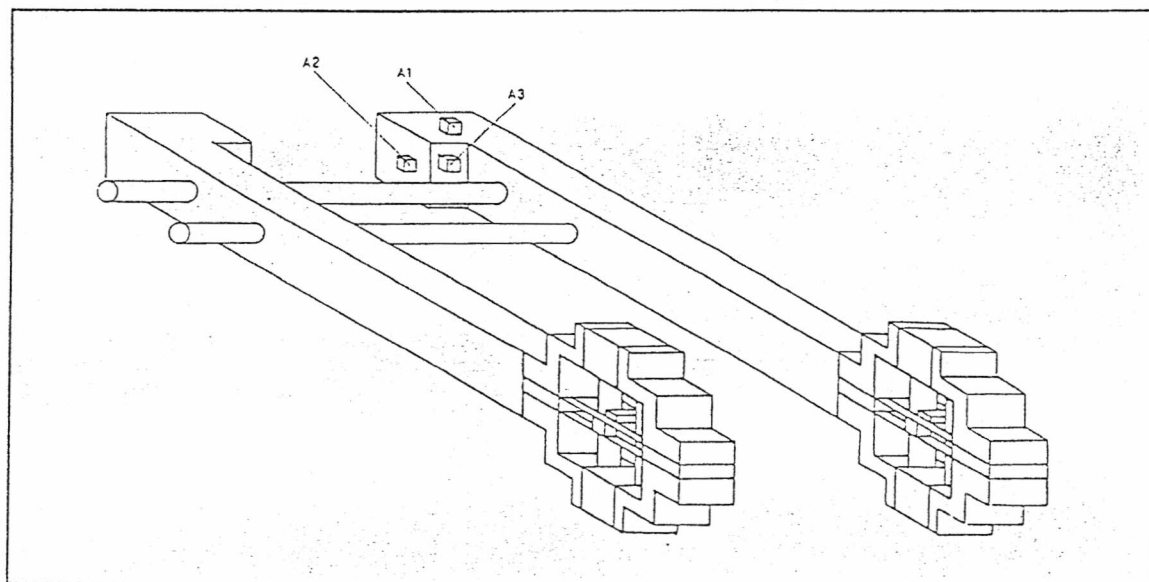


Fig. 1-Rappresentazione schematica del sistema di presa.

Il rapporto molto elevato tra la rigidità flessionale delle sospensioni di misura nella direzione di serraggio delle dita, rispetto alla rigidità flessionale nel piano ad essa ortogonale, consente di trascurare la deformazione della suddetta sospensione per effetto della forza di compressione agente sul polpastrello.

Per la misura della componente di forza nella direzione x si è sdoppiato l'elemento sensibile in due coppie di sospensioni (in modo da realizzare un appoggio su due vincoli ciascuno di superficie A) mentre per la componente in direzione y si è utilizzato un elemento di dimensione e rigidità equivalente ai precedenti considerati insieme (in modo da realizzare una condizione di vincolo di superficie $2A$ centrata rispetto alle precedenti).

Benché la rigidità massima a flessione lungo l'asse x sia differente da quella massima a flessione lungo l'asse y , le deformazioni degli elementi di misura ad esse associate sono inferiori di un ordine di grandezza rispetto a quelle flessionali sempre associate alle forze presenti nel piano xy , legate alle corrispondenti rigidità minime flessionali (rigidità

minima a flessione asse x = rigidità minima a flessione asse y), che sono quelle utilizzate proprio per la misura della forza agente.

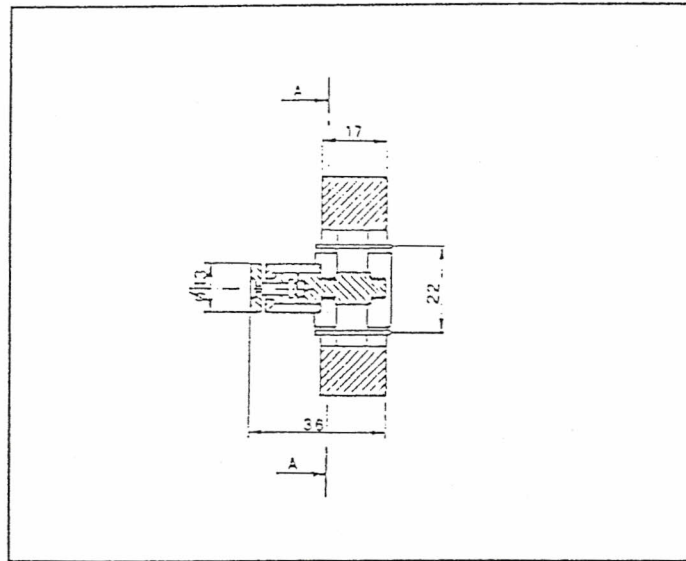


Fig.2-Sezione verticale del sensore di presa.

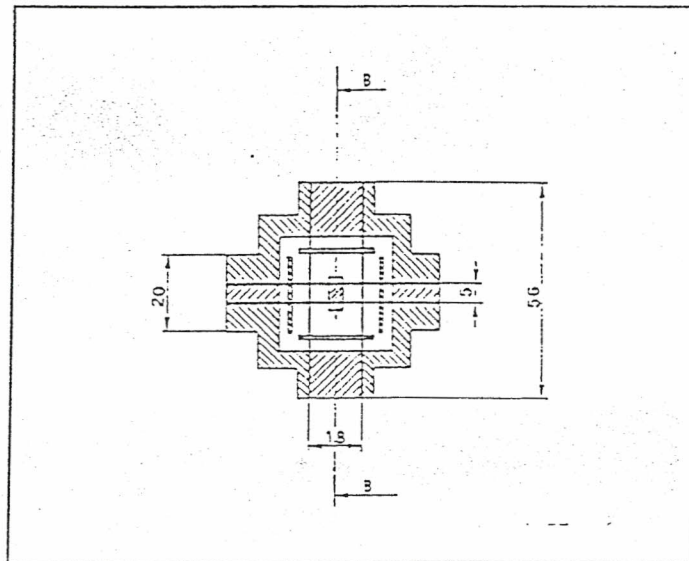


Fig.3-Sezione orizzontale del sensore di presa.

Per impedire le rotazioni dell'elemento prismatico intorno agli assi x ed y sono state vincolate rispettivamente le quattro sospensioni x come rappresentato in fig.4 e le due sospensioni y come rappresentato in fig. 5 in tale modo tutte le aste contribuiscono in eguale misura alla rigidità flessionale sia in direzione x che in direzione y. In tal modo si eleva notevolmente la rigidità torsionale intorno agli assi x, y, e z. La posizione delle varie lamine è stata scelta in modo da presentare la stessa rigidità flessionale rispetto all' asse di massima sensibilità e in modo che la rigidità torsionale, sia per rotazioni attorno all' asse

x, che per quelle attorno all' asse y, presentasse lo stesso valore.

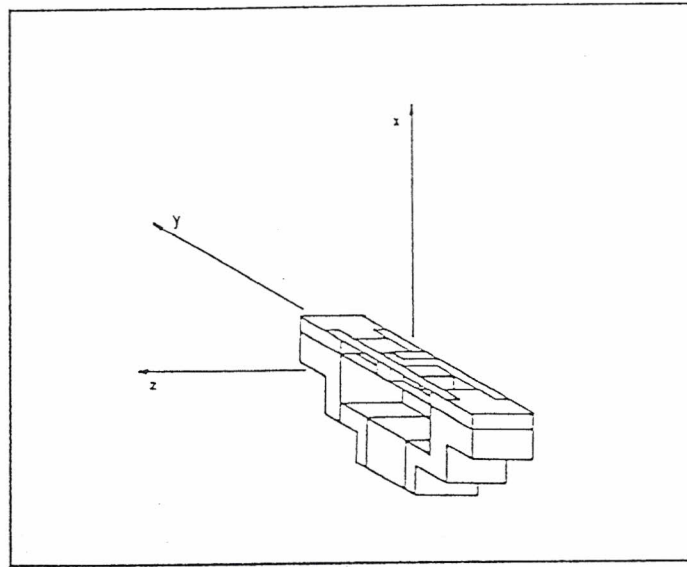


Fig.4-Schema del sistema di sospensione in direzione x.

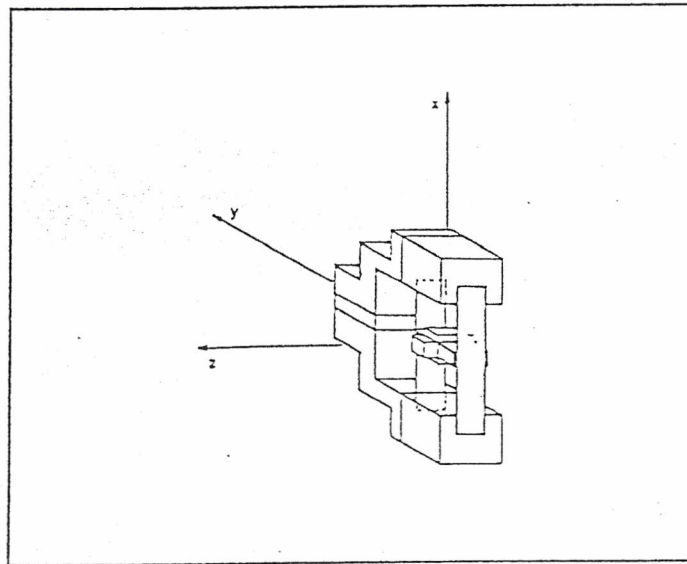


Fig.5-Schema del sistema di sospensione in direzione y.

Per mantenere infine il centraggio del polpastrello si é realizzata la struttura di ancoraggio al dito rappresentata nelle fig. 4 e fig. 5.

In tale modo sia per uno spostamento, rispetto alla mezzera dell' elemento di misura, del polpastrello in un verso, sia per lo stesso spostamento, ma in verso opposto si ottiene la stessa deformazione nell'elemento di misura come si puo vedere dal confronto dei due casi di fig. 6, mentre questo non sarebbe più garantito nel caso di sospensione degli elementi di misura a sbalzo.

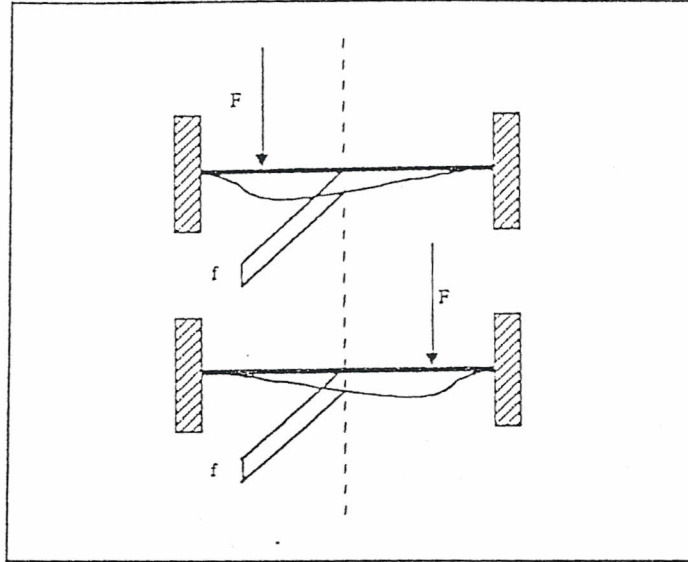


Fig. 6-Modello del sistema di misura della deformazione nel caso di applicazione della forza in 2 posizioni simmetriche rispetto all' asse di simmetria.

Sull'attuatore di estremità, infine, sono stati installati 3 accelerometri monoassiali (A1, A2, A3 in fig. 1) per rilevare le accelerazioni a cui viene sottoposto e consentirne il controllo. Lo schema a blocchi del sistema di controllo è rappresentato in fig. 7.

Caratteristiche del controllo

Affermare che un oggetto é afferrato in modo sicuro, cioè non scivola alla presa, é equivalente a dire che le forze di attrito tra superficie dell' oggetto e dita del manipolatore sono tali da impedire il moto relativo: é importante notare come nel caso di movimentazione di oggetti nello spazio sussista la relazione vettoriale

$$M\mathbf{a}_{rel} = Mg + \mathbf{F}_{manip} - M\mathbf{a}_{manip} \quad (1)$$

Nel caso di presa sicura, manipolatore ed oggetto si muovono insieme e per questo motivo $\mathbf{a}_{rel}=0$ e la relazione (1) diviene

$$Mg + \mathbf{F}_{manip} - M\mathbf{a}_{manip} = 0 \quad (2)$$

dalla quale é possibile ricavare

$$M = |\mathbf{F}_{manip}| / |(\mathbf{a}_{manip} - g)| \quad (3)$$

Noti i valori di \mathbf{F}_{manip} e \mathbf{a}_{manip} e nota la orientazione della mano (di conseguenza si può scomporre l' accelerazione di gravità nelle direzioni di misura di \mathbf{F}_{manip} e \mathbf{a}_{manip}) é possibile calcolare il valore di M grazie alla relazione (3), che equivale a 3 equazioni scalari che devono essere sempre soddisfatte.

Nel momento stesso in cui l' oggetto inizia a scivolare, nasce un moto relativo tra oggetto e manipolatore e la (2) e la (3) non sono più verificate, mentre rimane valida la (1).

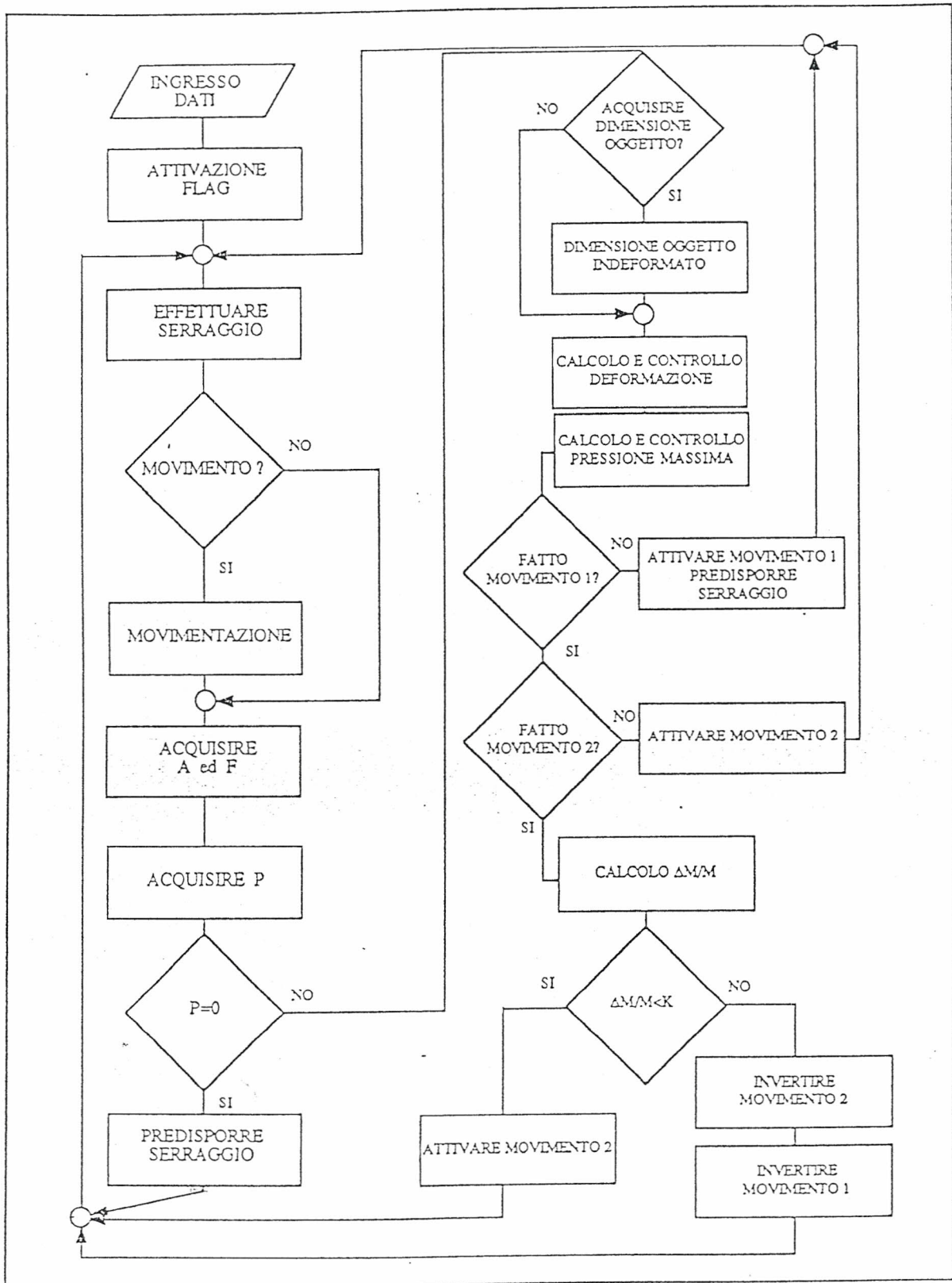


Fig.7-Schema a blocchi del sistema di controllo.

Il sistema di controllo opera nel seguente modo:

- a) chiusura della mano finché il sensore di pressione non rileva la presenza di contatto (aumento della pressione) e memorizzazione della dimensione dell'oggetto afferrato;
- b) controllo della deformazione locale dell'oggetto; se viene raggiunto il valore massimo consentito si segnala l'impossibilità di afferrare l'oggetto con tale presa;
- c) movimento di piccola entità del manipolatore con misura della E_{manip} , della a_{manip} e della orientazione della mano;
- d) calcolo in base alla relazione (3) del valore di M e memorizzazione nella variabile M1;
- e) ulteriore chiusura della mano con incremento della pressione di contatto e movimento di piccola entità con nuovo calcolo del valore di M sempre in base alla (3) e memorizzazione nella variabile M2;
- f) confronto di M1 e M2:
se $M1=M2$ allora prosegue il movimento dopo aver assegnato ad M1 il valore presente in M2 ripartendo dal punto e) senza chiudere ulteriormente la mano;
se $M1 \neq M2$ allora inverte i movimenti compiuti ai punti c) e e), chiude la mano e riparte dal punto b).

Conclusioni

Nel presente lavoro é stato illustrato lo stato di avanzamento dello studio di un sistema di presa multiuso che possa consentire la manipolazione di oggetti di forme e materiali differenti, fragili e non, senza richiedere la sostituzione dell' utensile terminale al variare delle parti da movimentare.

Bibliografia

- [1] - M.Massari "Organi di presa per robot", Automazione Oggi, Novembre 1987, pagg. 98-101.
- [2] - M.T.Mason, J.K.Salisbury Jr. "Robot Hands and the Mechanics of Manipulation", MIT Press.
- [3] - F.Angrilli, G.Berti, A.Rossi "Design of an Antropomorphic End-effector", Proc. of IASTED Int. Symp. Robotics and Automation - Lugano 1985, pagg. 154-156.