

METODI DI PROGETTAZIONE E CONFRONTO TRA PROTESI DI MANO INNOVATIVE

G. Cappiello^o, F. Vecchi^o, F. Sebastiani^o, S. Roccella^o, C. Suppo^o, M. Zecca^{o*}, M.C. Carrozza^{o*} and P. Dario^{o*}

^oCentro INAIL RTR- via della Vetraia 7 – 55049 Viareggio (LU)

*Scuola Superiore Sant'Anna – via Carducci 40 – 56127 Pisa

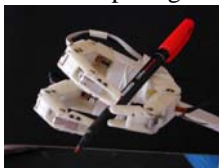
INTRODUZIONE

Una protesi di mano deve soddisfare specifiche particolarmente stringenti, in particolare legate al fattore estetico, alla capacità di presa e alla controllabilità, che devono essere rispettate tenendo conto delle dimensioni e delle coppie fornite dagli attuali motori elettrici (da integrare nella protesi) e delle necessità di sensorizzazione propriocettiva ed estero-cettiva. Lo stato dell'arte è al momento caratterizzato da protesi controllate mediante segnali elettromiografici (EMG), da 1 a 4, con 1 grado di libertà (GdL) [1].

A partire dal 1999, con lo scopo di aumentare la capacità della protesi di adattarsi alla forma dell'oggetto, migliorando le capacità di presa, il Centro INAIL RTR ha progettato 3 mani a dita articolate, aumentando i GdL a disposizione. Le tre mani prevedono un pollice a due falangi, e un indice e un medio a 3, molto simili alla mano umana, esplorando metodologie di progettazione bio-meccatronica alquanto differenti. Analisi sperimentali sono state condotte per confrontare i prototipi già realizzati.

MATERIALI E METODI

La RTR1 persegue l'aumento dei GdL mediante il ricorso alla microattuazione integrata nelle falangi. Ci sono 6 GdL



direttamente controllati su un totale di 8, con presa cilindrica e tridigitale. I microattuatori lineari brushless sono controllati mediante i segnali dei sensori di forza 2D a strain gages posizionati sulle falangi distali e sensori di posizione effetto Hall nei giunti [2]. Tuttavia le schede di comando dei brushless sono piuttosto ingombranti, la disponibilità di segnali EGM di comando è scarsa e i microattuatori sono delicati e poco potenti, così si è deciso di aumentare i GdL applicando il concetto della "sottoattuazione": in pratica la

mano RTR2 ha un solo attuatore che porta in trazione tre cavi, i quali si comportano ognuno come il tendine flessore profondo delle dita, flettendo le falangi [3]. La RTR2 è inoltre dotata di un secondo attuatore che permette di variare il piano di opposizione del pollice ottenendo anche la presa laterale.

La sottoattuazione viene qui realizzata con 9 GdL e 2 soli attuatori. Il controllo è realizzato con una piccola scheda a bordo della mano che utilizza le informazioni provenienti dai sensori di tensione sui



cavi, dal sensore di posizione della slitta tendicavi, dal sensore di posizione alla base del pollice (che determina il piano di opposizione) e dall'FSR posizionato nel polpastrello del pollice [4].

La RTR3 applica ancora il concetto della sottoattuazione, con tre dita articolate, ma a pollice fisso; qui però il meccanismo differenziale alla base della sottoattuazione non si ottiene con un solo cavo per dito, ma con un cavo per ogni falange [5].

E' stato messo a punto un protocollo di prova per valutare la forza in prese di precisione, la forza generalizzata di presa, la forza esercitata in prese laterali, la stabilità della presa e la resistenza

allo scivolamento. Per i test si è fatto ricorso ad un dinamometro costruito *ad hoc* e alla macchina per prove sui materiali Instron 4464.

RISULTATI

Se la RTR1 ha dalla sua un numero maggiore di GdL, la RTR3 mostra in realtà un comportamento adattativo notevole e la RTR2 sembra avere le migliori prestazioni in termini di forza e varietà di prese [6].

CONCLUSIONI

I risultati degli esperimenti sembrano privilegiare la sottoattuazione rispetto alla microattuazione, pur dovendo rinunciare a un notevole numero di GdL e a ogni aspirazione alla manipolazione.

Al momento è in corso il progetto, finanziato dall'INAIL, mano RTR4, che prevede lo sviluppo di una protesi semplice e affidabile. Uno studio preliminare di fattibilità ha portato a preferire la sottoattuazione alla microattuazione integrata, ma stavolta si farà largo ricorso a giunti "complianti" e a materiali innovativi (almeno nel loro particolare utilizzo): fibra di carbonio o silicone permetteranno la realizzazione dell'intero dito (e dei giunti) "di pezzo". Si otterrà così una protesi con un numero di componenti molto ridotto, quindi particolarmente affidabile, di facile

manutenzione e realizzazione.

BIBLIOGRAFIA

[1] Otto Bock HealthCare GmbH, <http://www.ottobock.com>, Duderstadt (DE), 2002.

[2] M. Carrozza, B. Massa, S. Micera, R. Lazzarini, M. Zecca, and P. Dario, "The development of a novel prosthetic hand – ongoing research and preliminary results," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 7, no. 2, pp. 108–114, Jun 2002.

[3] B. Massa, S. Roccella, M. C. Carrozza, and P. Dario, "Design and development of an underactuated prosthetic hand," in *Robotics and Automation 2002. Proceedings. ICRA '02. IEEE International Conference on Robotic Automation*, vol. 4, 2002, pp. 3374–3379

[4] M. Carrozza, F. Vecchi, F. Sebastiani, G. Cappiello, S. Roccella, M. Zecca, R. Lazzarini, and P. Dario, "Experimental analysis of an innovative prosthetic hand with proprioceptive sensors," in *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2003, accepted.

[5] M. C. Carrozza, C. Suppo, F. Sebastiani, B. Massa, F. Vecchi, R. Lazzarini, M. Cutkosky, and P. Dario, "The SPRING hand: development of a Self-adaptive Prosthesis for Restoring Natural Grasping", *Journal of Autonomous Robot*, accepted.

[6] F. Sebastiani, S. Roccella, F. Vecchi, M. C. Carrozza and P. Dario, "Experimental analysis and performance comparison of three different prosthetic hands designed according to a biomechanical approach", *AIM2003*, submitted.

