

# *Corso di Bioingegneria Informatica e Elettronica: Biomeccatronica*

**Ing. Carlo Cosentino**

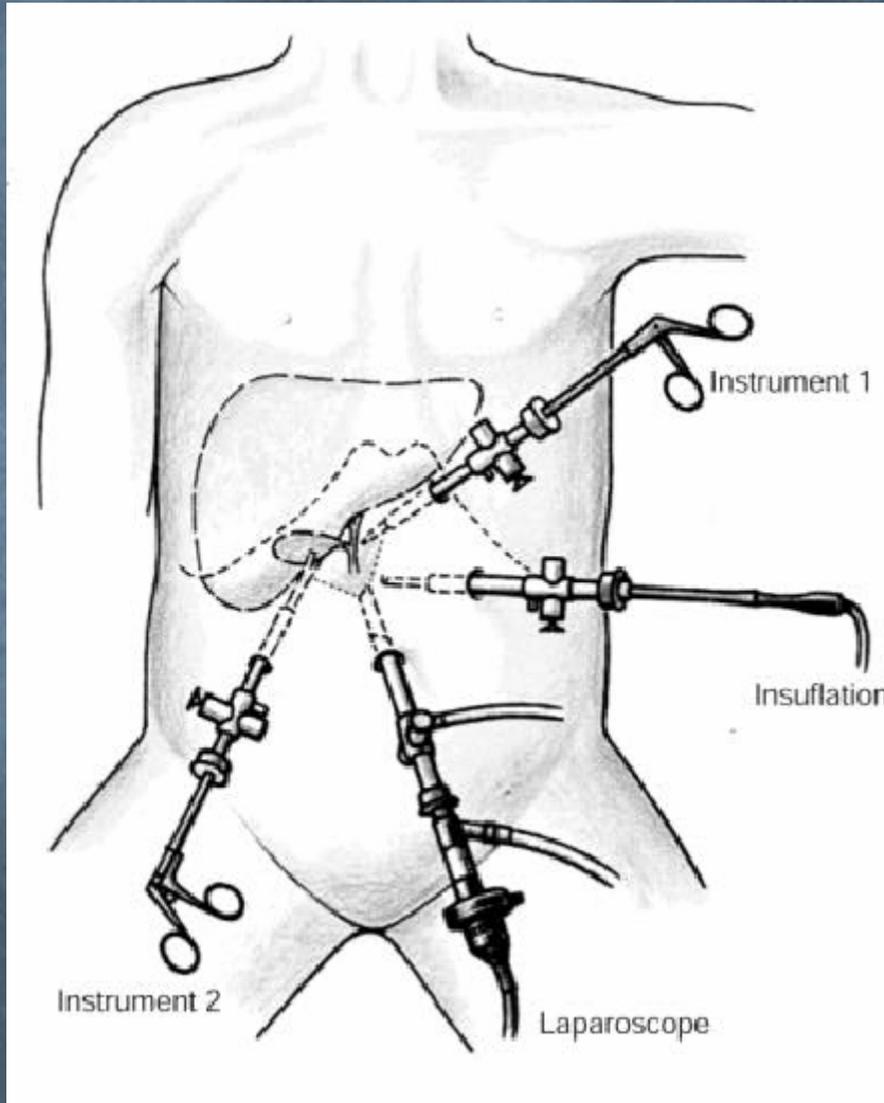
Laboratorio di Biomeccatronica

Università degli Studi Magna Græcia di Catanzaro, ITALY

[carlo.cosentino@unicz.it](mailto:carlo.cosentino@unicz.it)

<http://wpage.unina.it/carcosen>

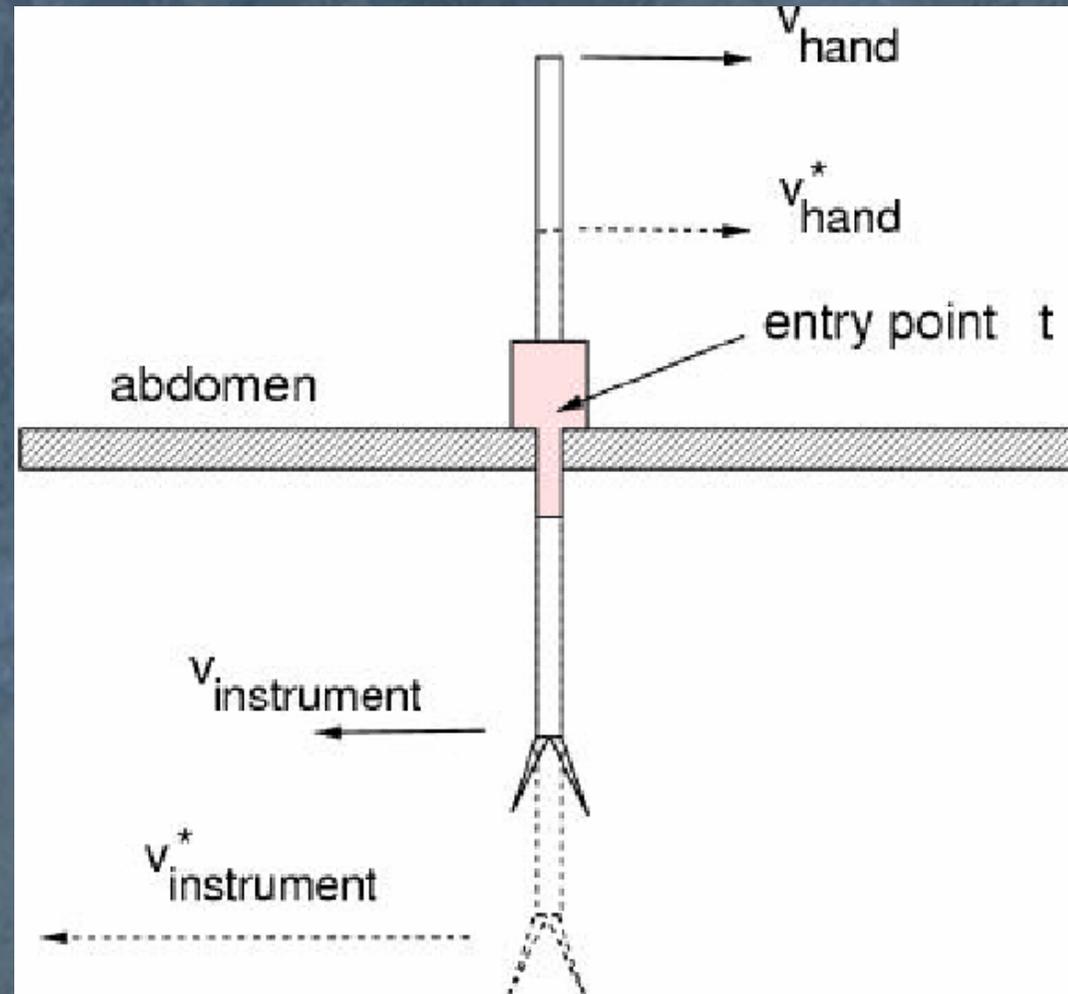
# Chirurgia Mininvasiva



- Il chirurgo lavora con strumenti lunghi
- Attraverso piccole incisioni
- Usa il laparoscopio per avere un feedback visivo

## Peculiarità della MIS

- Movimento della mano invertito
- Scalatura della velocità
- Perdita di gradi di libertà



## *Proprietà Ideali di un Sistema per MIRS (1/2)*

- Feedback Tattile
  - Strutture non visibili
- Feedback kinestetico
  - Forze di presa/manipolazione
- Controllo Geometrico
  - Corretta coordinazione mano-occhio
- Completa manipolabilità (6DoF)
  - Estrema destrezza all'interno del paziente
- Ridondanza cinematica
  - Maggiore flessibilità di posizionamento in sala operatoria

## *Proprietà Ideali di un Sistema per MIRS (2/2)*

- Funzioni di assistenza intelligente
  - Riduzione del tempo operatorio
- Funzioni di sicurezza
  - Minor rischio a fronte di sbagli
- Appropriato grado di immersione
- Interfaccia utilizzatore intuitiva
- Migliori risultati (dimostrabili oggettivamente) rispetto alla procedura MIS tradizionale
- Nuove tecniche di intervento

# Computer Motion - Zeus



# *Computer Motion - Zeus*

Filmato "Microwrist"

# *Computer Motion - Zeus*



# *Intuitive Surgical – Da Vinci*



## *FDA Clearances (da Vinci)*

- Approvato dal FDA per le seguenti tipologie di intervento
  - July 2000 - Laparoscopic Surgery
  - March 2001 - Thoracoscopic Surgery
  - May 2001 - Radical Prostatectomy
  - November 2002 - Cardiotomy
  - July 2004 - Cardiac Revascularization
  - March 2005 - Broad Urology
  - April 2005 - Gynecology
  - June 2005 - Pediatric Surgery

# Procedure Effettuate con il da Vinci

## Urology

Radical Prostatectomy  
Pyeloplasty  
Uretetro Transplant  
Donor Nephrectomy  
Nephrectomy  
Ureterolithotomy  
Adrenalectomy  
Cystocele Repair  
Excision of Renal Cyst  
Lymphadenectomy  
Testicular Resection  
Renal Cyst Decortication  
Sacral Colpopexy  
Nephropexy  
Pelvic Lymphadenectomy  
Ureterectomy  
Rectocele Repair  
Varicocele  
Ureteroplasty  
Ureteral Implantation  
Vaso-vasostomy

## Cardiac

Single Vessel Beating Heart Bypass  
Multi-Vessel Beating Heart Bypass  
Single Vessel Arrested Heart Bypass  
Multi-Vessel Arrested Heart Bypass  
IMA Harvesting  
Bilateral IMA Harvesting  
Coronary Anastomosis  
Atrial Septum Aneurysm  
Subrenal Aorta Aneurysm  
Atrial Septal Defect Repair  
Mitral Valve Repair & Replacement  
Tricuspid Valve Repair  
Thrombectomy  
Percardial Window  
Lobectomy  
Pneumonectomy  
Abdominal Aortic Aneurysm  
Aortic Femoral Bypass  
Pacemaker Lead Implantation  
Mediastinal Resection  
Pulmonary Wedge Resection

## OB/GYN

Hysterectomy  
Myomectomy  
Colposuspension (Burch)  
Dermoid Cyst  
Endometrial Ablation  
LAVH  
Oophorocystectomy  
Oophorectomy  
Ovarian Cystectomy  
Ovarian Transposition  
Removal of Fibroids  
Salpingectomy  
Salpingo-Oophorectomy  
Tubal Ligation  
Tubal Reanastomosis  
Tubalplasty  
Vaginal Prolapse Repair

## General

Nissen Fundoplication  
Cholecystectomy  
Hernia Repair  
Lysis of Adhesions  
Arteriovenous Fistula  
Toupet  
Esophageal Achalasia  
Esophago-gastectomy  
Adrenalectomy  
Gastric Bypass  
Colon Resection  
Pyloroplasty  
Heller Myotomy  
Gastroplasty  
Appendectomy  
Intra-rectal Surgery  
Sigmoidectomy  
Bowel Resection  
Lumbar Sympathectomy  
Ventral Hernia  
Splenectomy  
Hemi-Colectomy

## Operazione Lindbergh

- 27 Luglio 2001: primo intervento transatlantico di colecistectomia su modello animale (6 maiali operati a Strasburgo da chirurgo in remoto da New York).



## *Operazione Lindbergh: Obiettivi*

- Definire limitazioni tecnologiche della tele-manipolazione a distanza
- Definire ritardi di trasmissione accettabili, che permettono di preservare la qualità, la precisione e la sicurezza dell'intervento
- Sviluppo di interfacce per la trasmissione di audio-video in alta definizione

# Vantaggi e Limiti della MIRS

## VANTAGGI

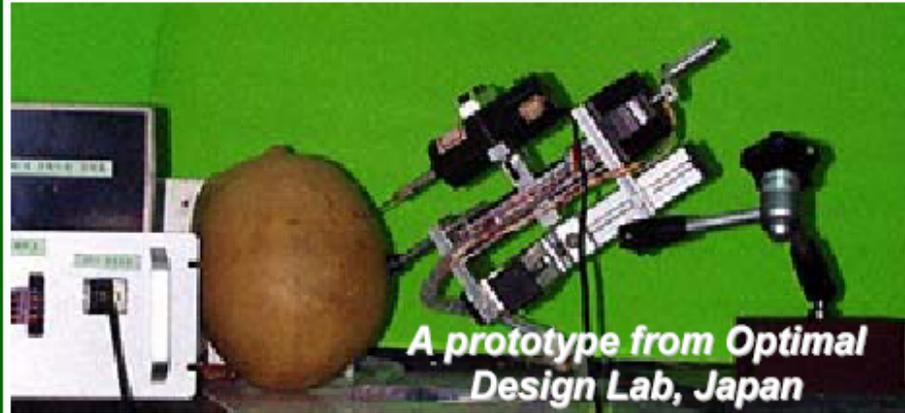
- Ergonomia
- Controllo vocale dell'ottica (Zeus)
- Visione 3D (da Vinci)
- Destrezza intra-corporea
- Precisione: filtraggio del tremore, scalatura

## LIMITI

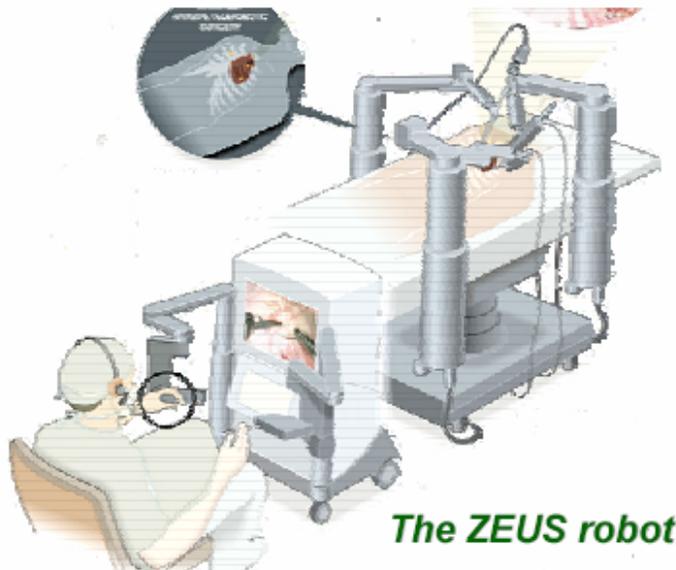
- No force feedback
- No cambio automatico degli strumenti
- Costo
- Ingombro
- Aspetti etici
- Non esiste una reale validazione del beneficio clinico rispetto alla laparoscopia!

# Force-Feedback: Tre Paradigmi

## 1. "Autonomous" force control of robots.



## 2. Telemanipulated systems

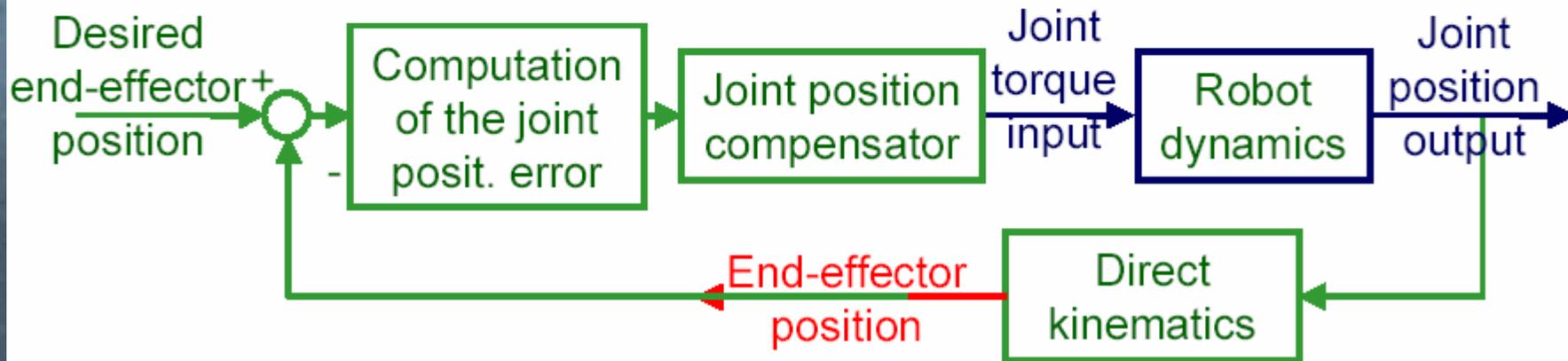
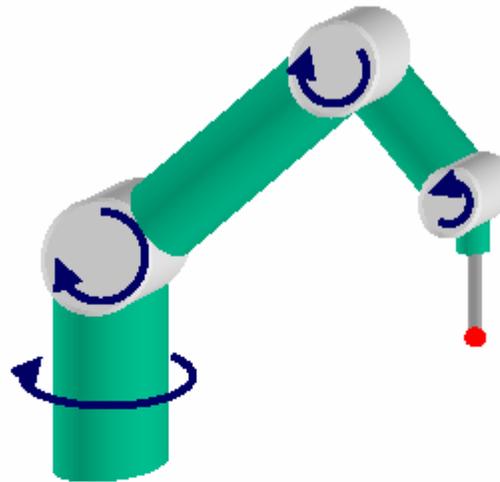


## 3. Comanipulated robots



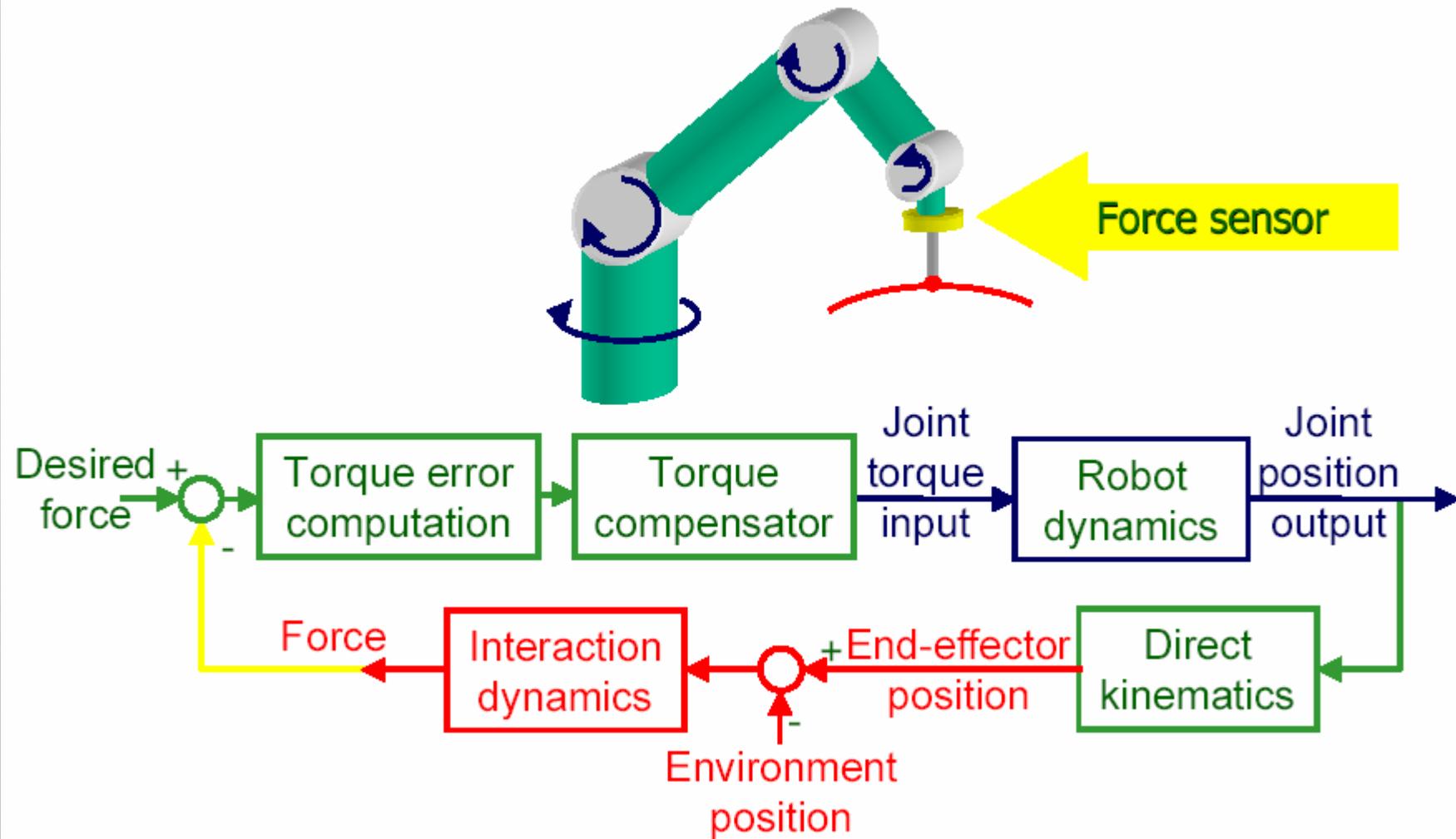
# Controllo di Posizione

a) Position control



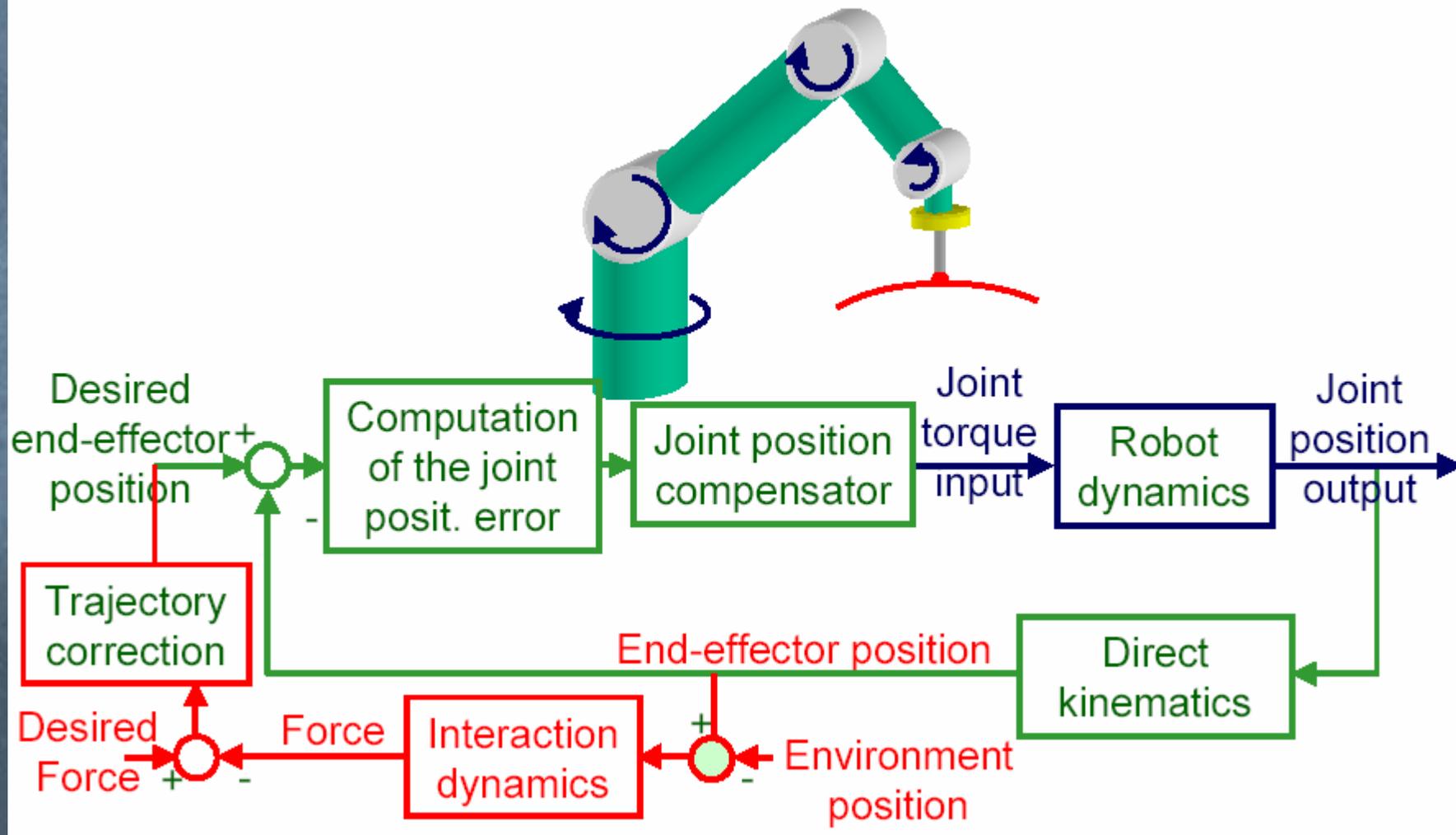
# Controllo di Forza Diretto

b) Direct force control



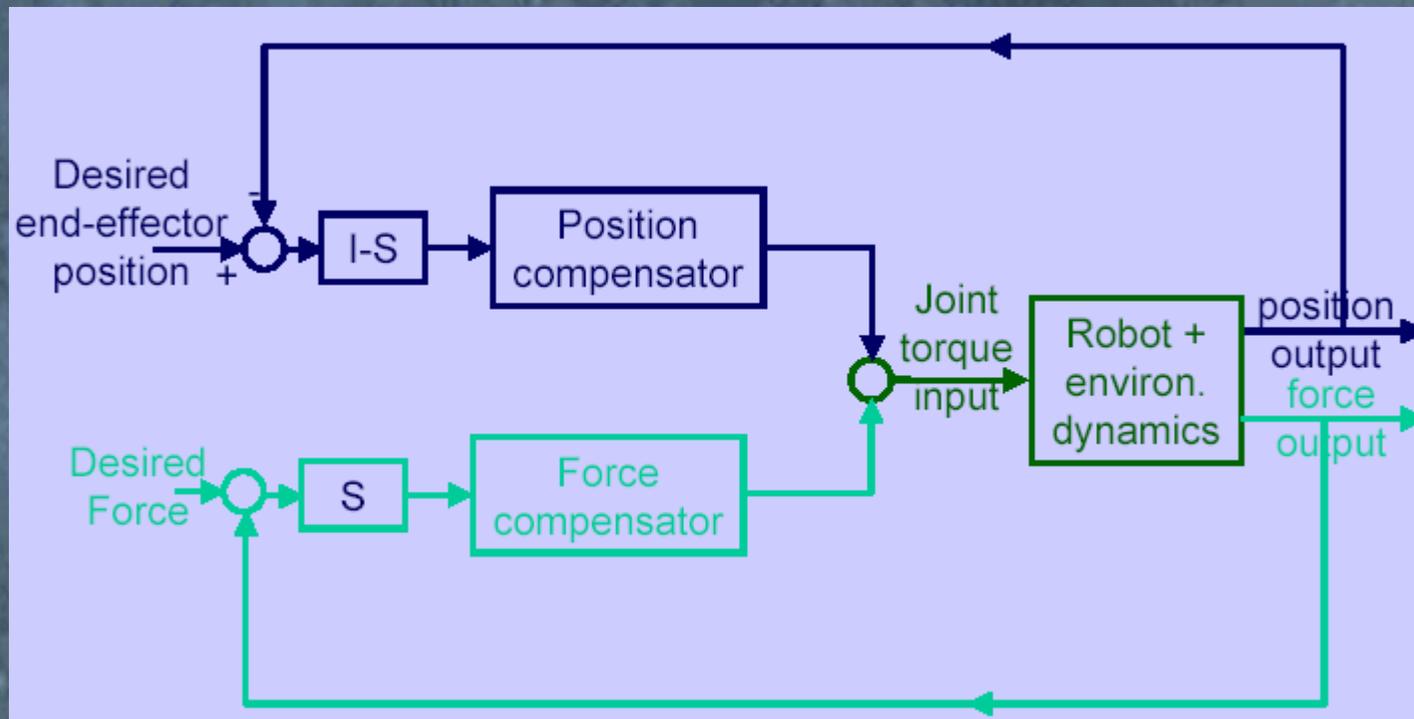
# Controllo di Forza Indiretto

c) Indirect Force Control



## Controllo Ibrido di Posizione/Forza

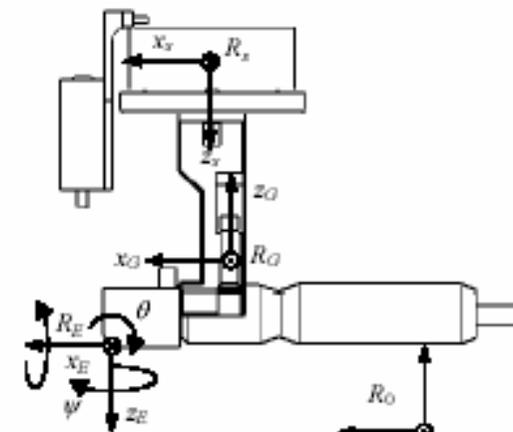
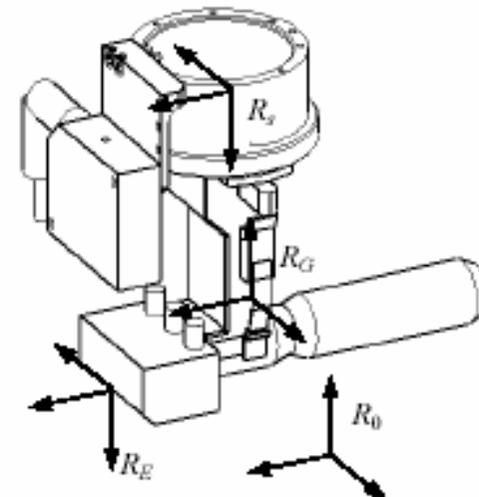
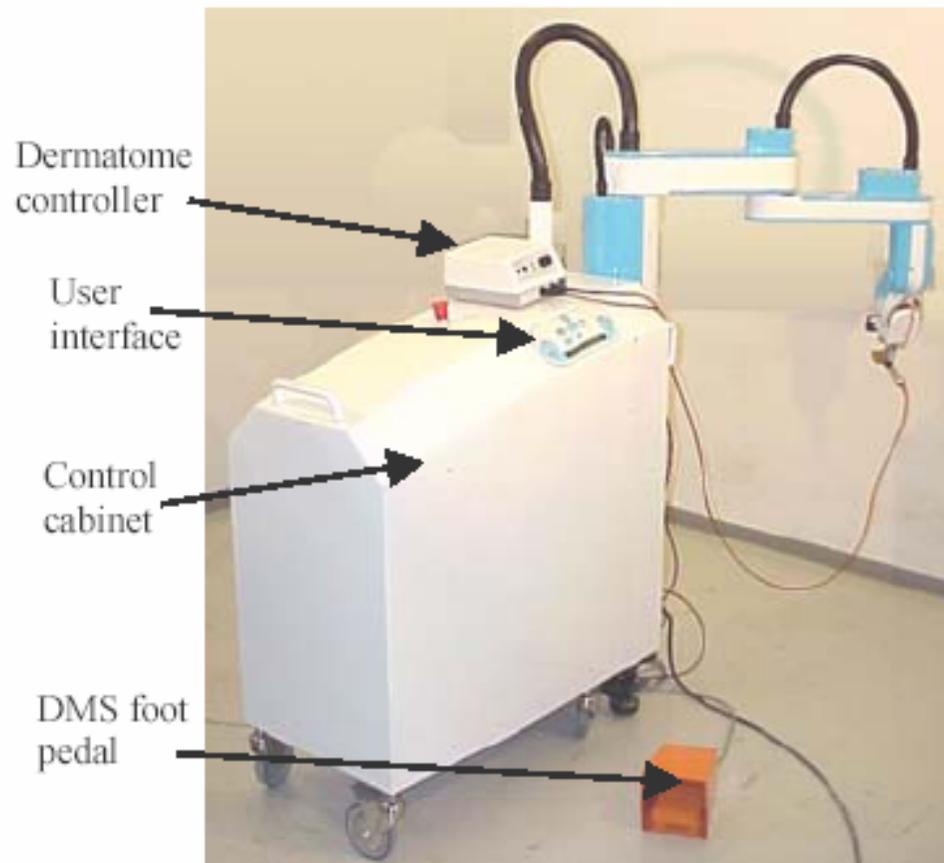
- E' possibile controllare alcuni gradi di libertà in posizione ed altri in forza



## Esempio di Controllo Ibrido

- Controllo di un robot per prelievo tessuto cutaneo

(LIRMM, Montpellier, Sinters, Lapeyronie Hosp.)



# Problematiche

- Principali Vantaggi
  - Precisione nell'esecuzione
  - Compensazione di piccoli movimenti del paziente
  - Sicurezza: limitazione delle forze applicate
- Principali Limitazioni
  - Mancanza di destrezza: il controllo ibrido è realmente implementabile solo su traiettorie semplici
  - Sicurezza: per dimostrare analiticamente la stabilità del sistema è necessario utilizzare modelli di contatto e leggi di controllo abbastanza conservative
  - Costo/sterilizzazione degli strumenti sensorizzati
  - Problemi tecnologici dei sensori di forza (bias, etc...)