



Corso di Robotica 1

Robotica di servizio

Prof. Alessandro De Luca

DIPARTIMENTO DI INFORMATICA
E SISTEMISTICA ANTONIO RUBERTI



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



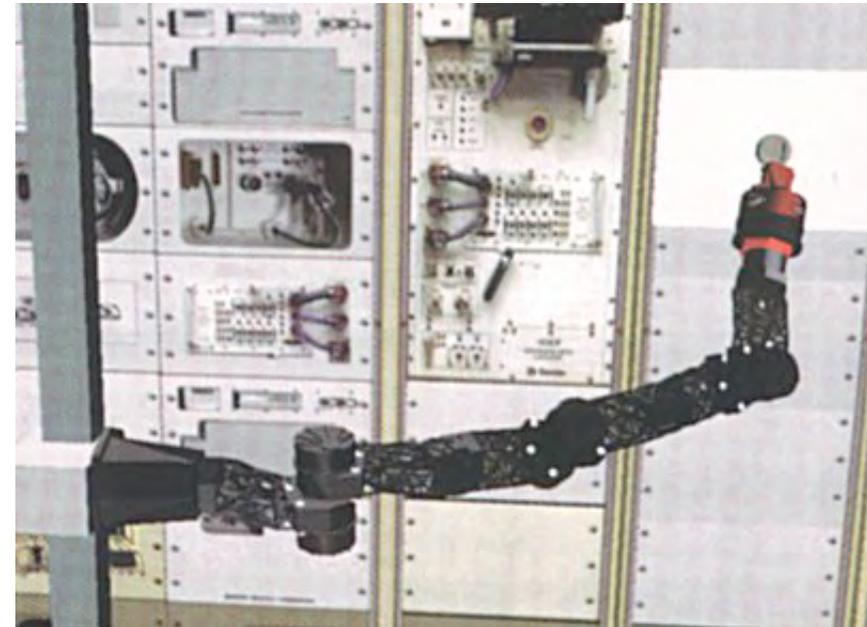
Alcuni domini di applicazione

- ambienti estremi
 - spaziali
 - sottomarini
- robotica medica
 - assistenza
 - riabilitativa
 - chirurgica
- pulizia domestica e civile
- agricoltura
- tosaerba
- industria alimentare
- esplorazione mineraria
- sminamento
- costruzioni edili e navali
- rifornimento automatico
- guida museale
- antincendio
- ispezione e sorveglianza
- emergenza
- tempo libero ed entertainment
- umanoidi

Robotica spaziale



- il robot *Sojourner* della NASA ha per primo esplorato Marte nel 1997



- il robot *Rotex* del DLR in una serie di esperimenti nello Space Lab della navetta Columbia

Robotica spaziale

video



tecniche per sbloccare
le ruote su terreno sabbioso

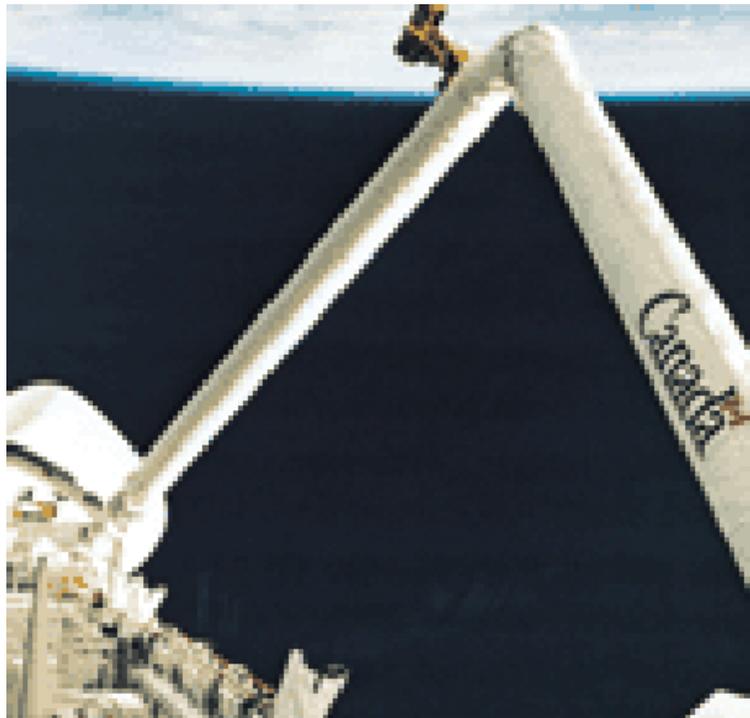


presa di oggetti flottanti
con il *Rotex*



Robotica spaziale

- il braccio robotico *SSRMS (Canadarm)* operativo sullo Space Shuttle è lungo circa 30 metri



- il manipolatore di servizio nella ISS è montato su un binario di supporto



Robotica sottomarina



- Odyssey-IV (MIT)



- Odin-III, **omnidirezionale** (University of Hawaii)

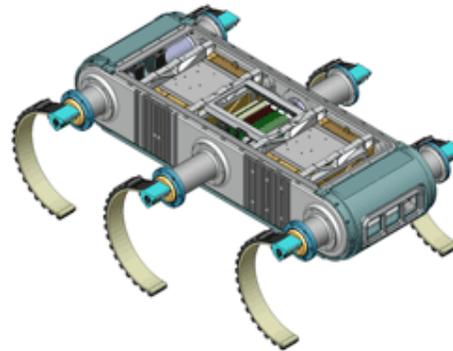
- dotati in genere di thrusters di spinta direzionale in coda
- non possono traslare lateralmente (necessarie "manovre")



- ROMEO in Antartide (CNR, Automazione Navale, GE)



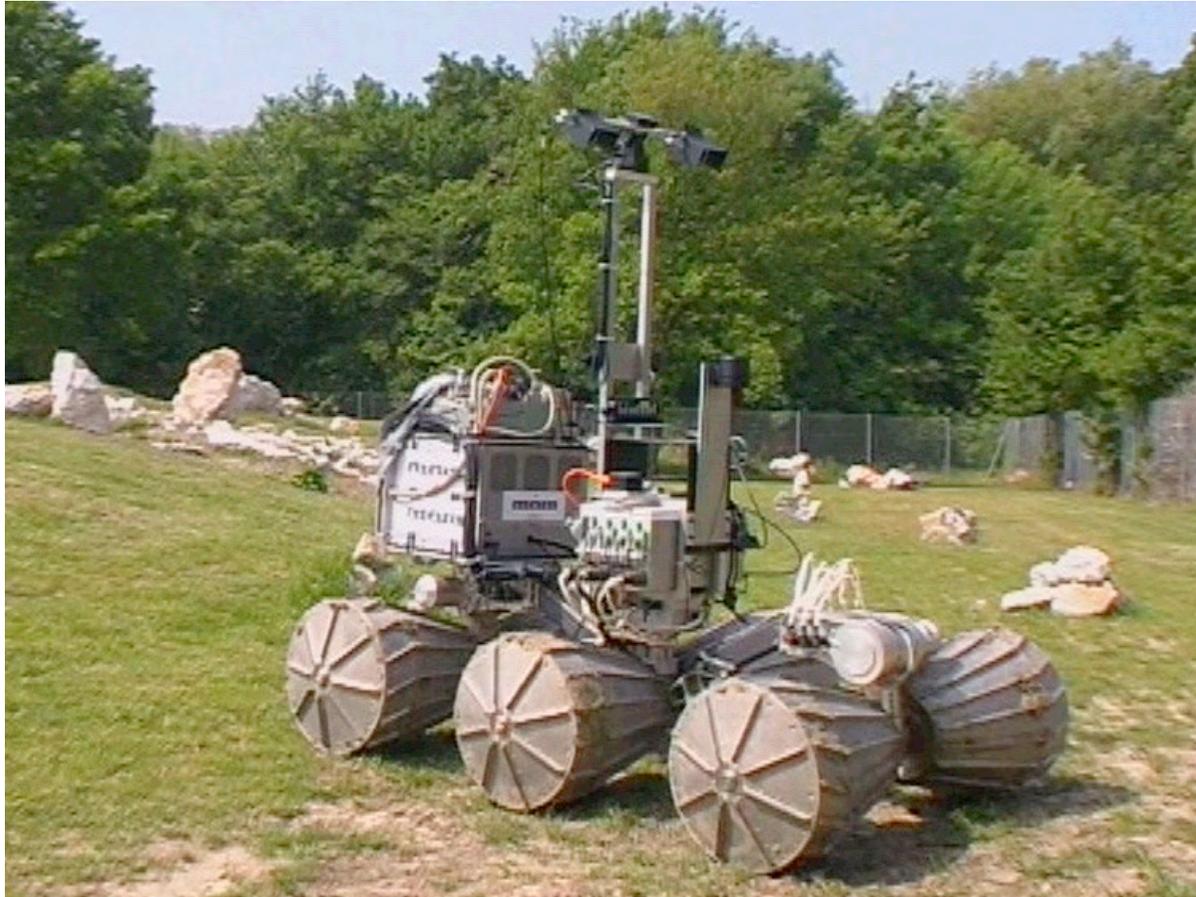
Robotica sottomarina



- Aqua robot, veicolo robotico anfibio (McGill University)
- dimensioni e peso: 50x65x13 cm, 18 kg
- locomozione: mediante sei "flippers" attuati indipendentemente
- profondità massima: 37 m
- sensori: due telecamere (fronte/retro), sensore acustico di localizzazione (sonar), sensore trioculare (a luce strutturata)
- alimentazione: batteria al litio da 48V



Esplorazione terrestre



- il robot *LAMA* del CNRS-LAAS (Toulouse) è una collaborazione franco-russa

Vulcanologia



- il *RoboVolc* sulla superficie dell'Etna (2002)

Sminamento



- robot mobile teleoperato in dotazione agli artificieri della polizia



- PEMEX (EPFL, Lausanne), rilevatore leggero di mine antiuomo
- peso: 16 kg, max 6 kg per ruota
- due motori DC da 70 W (vel 2 m/s)
- testa sensorizzata oscillante

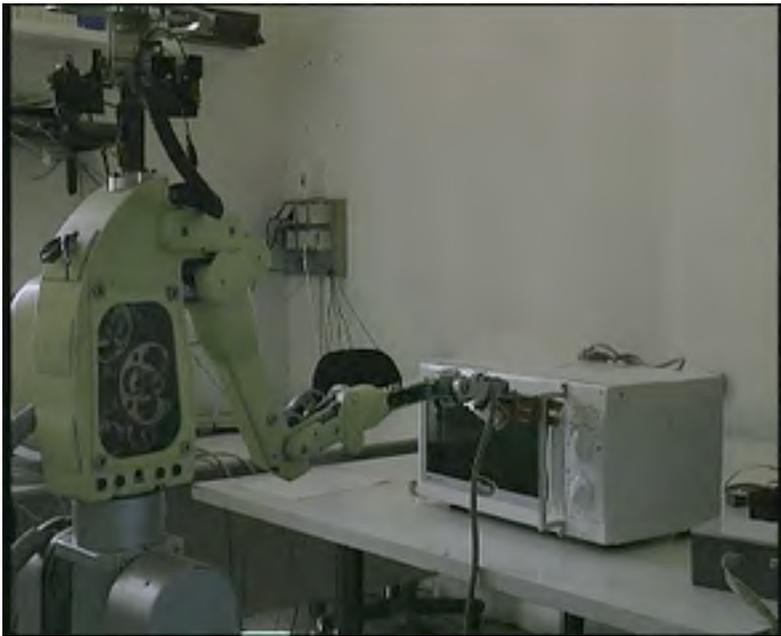
Robotica medica



- sistema di supporto per la deambulazione *PAM-AID* (Trinity College, Irlanda)
- progetto *MOVAID* per l'ausilio ai diversamente abili in attività domestiche (Scuola Sup Sant'Anna, Pisa)

Progetto MOVAID

video



attività domestiche con il robot *Dexter 7R*

Robotica medica



- braccio robotico dotato di spalla e gomito con mobilità completa e un gripper che funge da mano (Pittsburgh University)
- nei test effettuati su scimmie (con arti immobilizzati), un serie di elettrodi rilevano segnali del sistema cerebrale diretti all'arto, usati per comandare il braccio robotico



Robotica medica



- commercializzata da Ossur (Islanda)
- protesi sensorizzata al ginocchio (angolo e forza), capace di elaborare i dati sensoriali per costruire un modello del "passo" dell'utente, al fine di adattare il comportamento della protesi (movimento e resistenza del ginocchio)



Robotica medica



- "RUPERT" Robotic Upper Extremity Repetitive Therapy, (Arizona State University + Kinetic Muscles, Inc.)
- sostiene il braccio con muscoli pneumatici (McKibben)
- può essere programmato per eseguire esercizi ciclici di riabilitazione

Esoscheletro

video



master SARCOS per teleoperazione



Robotica medica



- robot mobile *HELPmate* (USA) come "portantino" ospedaliero

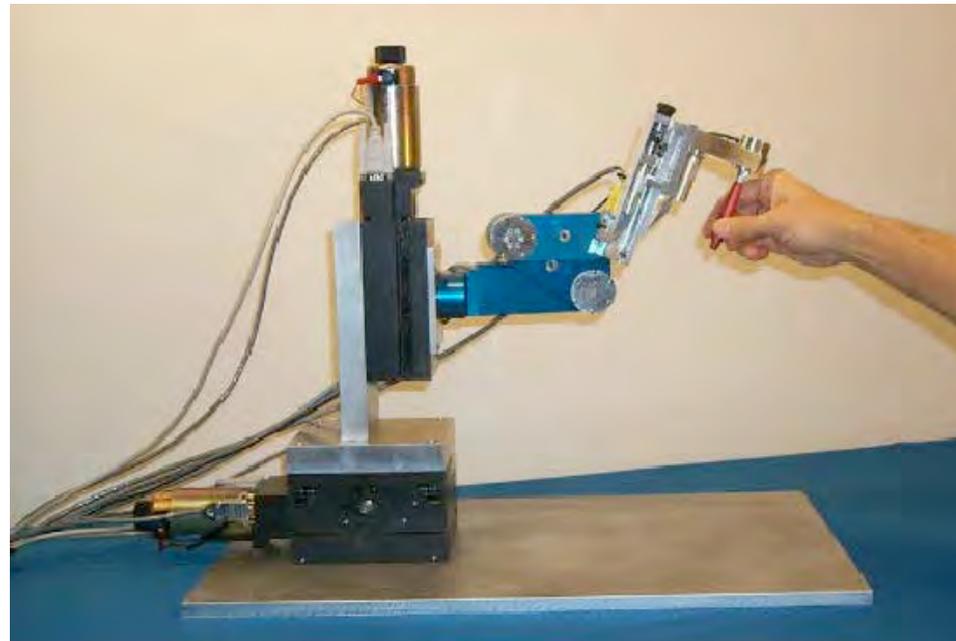


- interfaccia d'utente del robot nurse *Care-O-Bot* (IPA Fraunhofer, Germania)



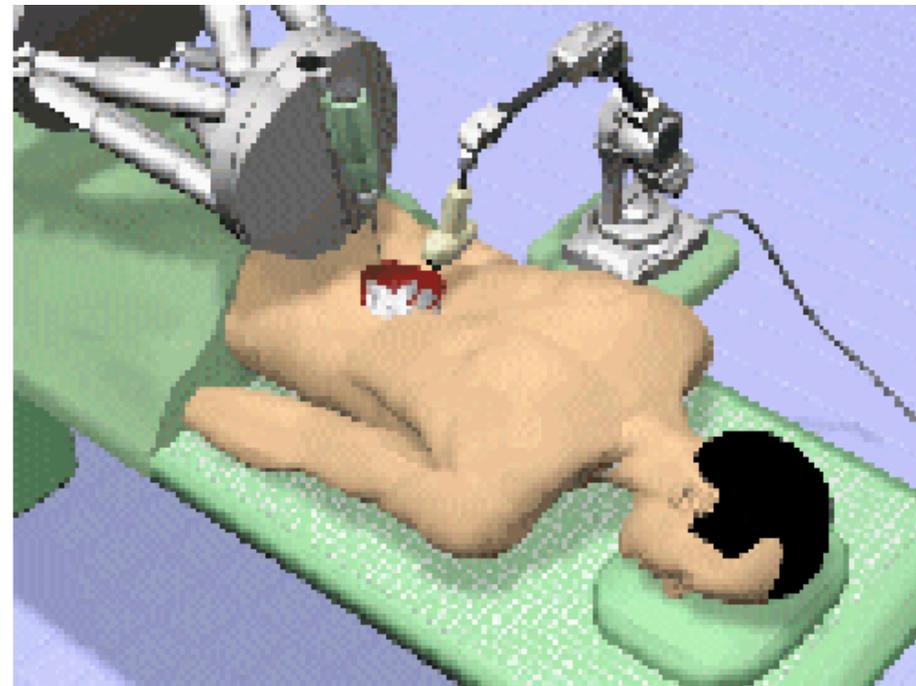
Robotica chirurgica

- *Robodoc* della Integrated Surgical Systems (USA) utilizzato in ortopedia per la sostituzione dell'anca



- sistema di ausilio *Steady-Hand* (Johns Hopkins Univ) per migliorare precisione e ripetibilità di un chirurgo

Robotica chirurgica



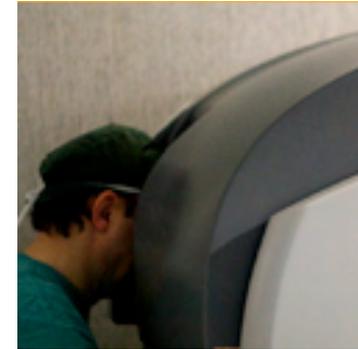
- emulazione di una operazione laser sul cervello e simulazione grafica di un intervento di chirurgia della colonna vertebrale
il paziente viene "digitalizzato" tramite TAC
con successiva localizzazione nel campo operatorio
(IPA Fraunhofer)



Robotica chirurgica



overview del campo operatorio



postazione di comando



haptic interface

- sistema da Vinci[©] (Intuitive Surgical Inc.)
[corso di "Robotica Medica"]



Pulizia domestica



- robot aspirapolvere
Electrolux *Trilobite* (Svezia)



- iRobot *Roomba* (USA)
disponibile nei grandi magazzini!

Competizione "cleaning robot"



- competizione tra robot "vacuum cleaner" in ambienti domestici (IROS'02, Lausanne)



Pulizia di superfici esterne



- lo *Skywash* per la pulizia di aeromobili è "il più grande robot del mondo" (AEG/Dornier/FhG-IPA/Putzmeister)
- prototipo per la pulizia robotizzata di grandi superfici vetrate di edifici



Tosaerba



- robot tosaerba *AutoMower* della Husqvarna (Svezia) a bassa potenza (biocut) e ricarica solare

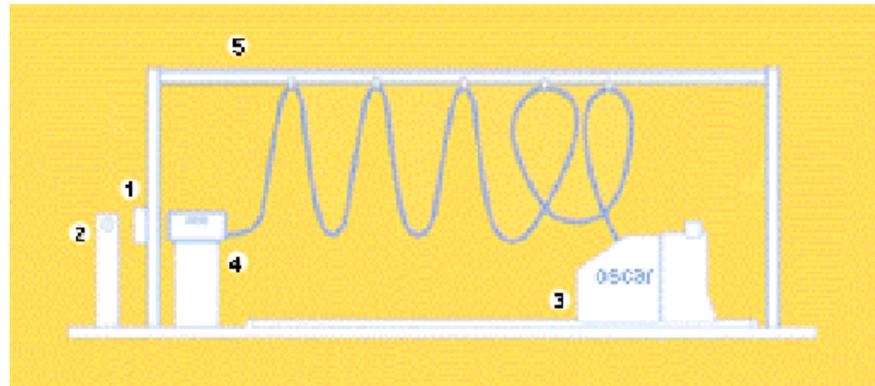


Industria alimentare



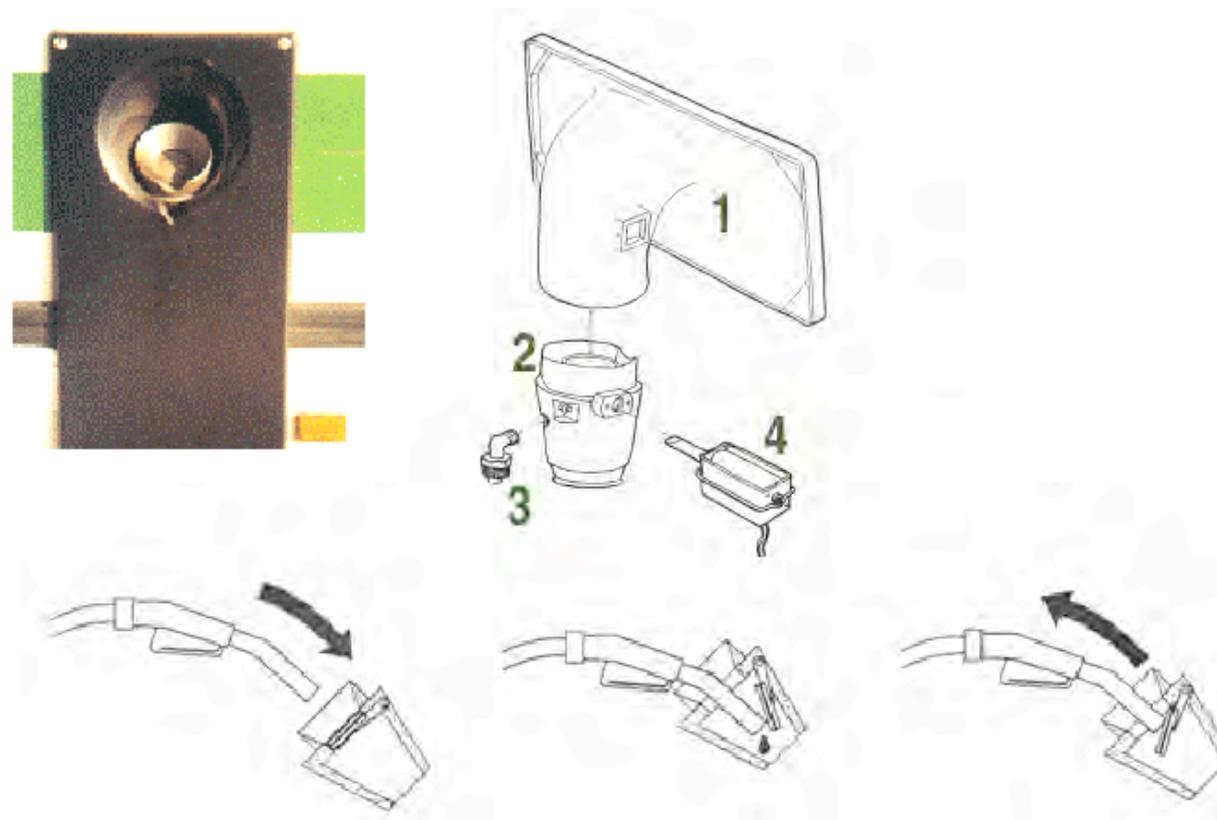
- il robot *Ulixes* della IMT (Germania) allinea 10000 würstel in un'ora

Rifornimento automatico



- robot OSCAR (Francia) per il rifornimento di carburante su flotte di autobus

Rifornimento automatico



componenti interni del bocchettone di rifornimento
e le tre fasi della sequenza operativa



Rifornimento automatico



“kit” disponibile per tutti i modelli di auto:
tappo, transponder, bocchettone

sistema *Autofill* in due stazioni di servizio
OK (Mörngby, Svezia) e BP (USA)



Rifornimento automatico



- collaborazione tra Reis Robotics, Mercedes, Bmw, e IPA Fraunhofer



- sistema *Smart Pump* (USA)



Ispezione e sorveglianza



- *Puma* a 6 gdl montato su *Nomad XR400* (tre ruote sincro-drive)

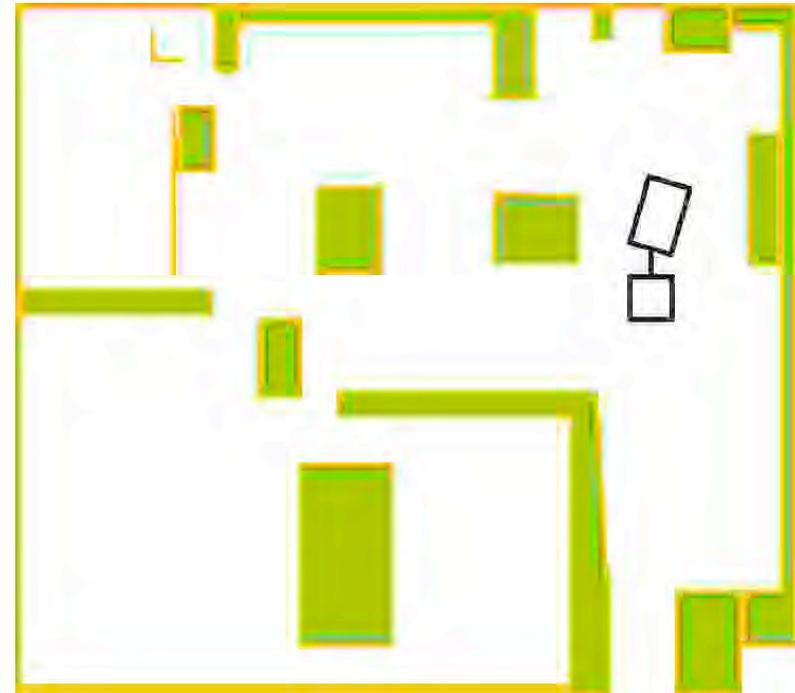
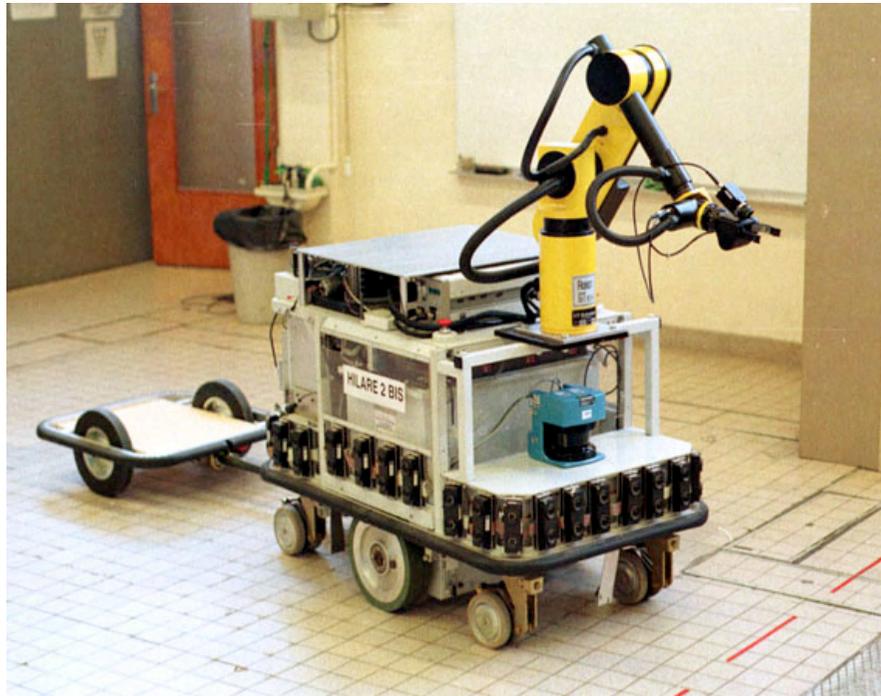


- *Scorbot* a 5 gdl montato su *ATRV-JR* (ruote fisse skid-steering)

due esempi di *manipolatori mobili*



Ispezione e sorveglianza

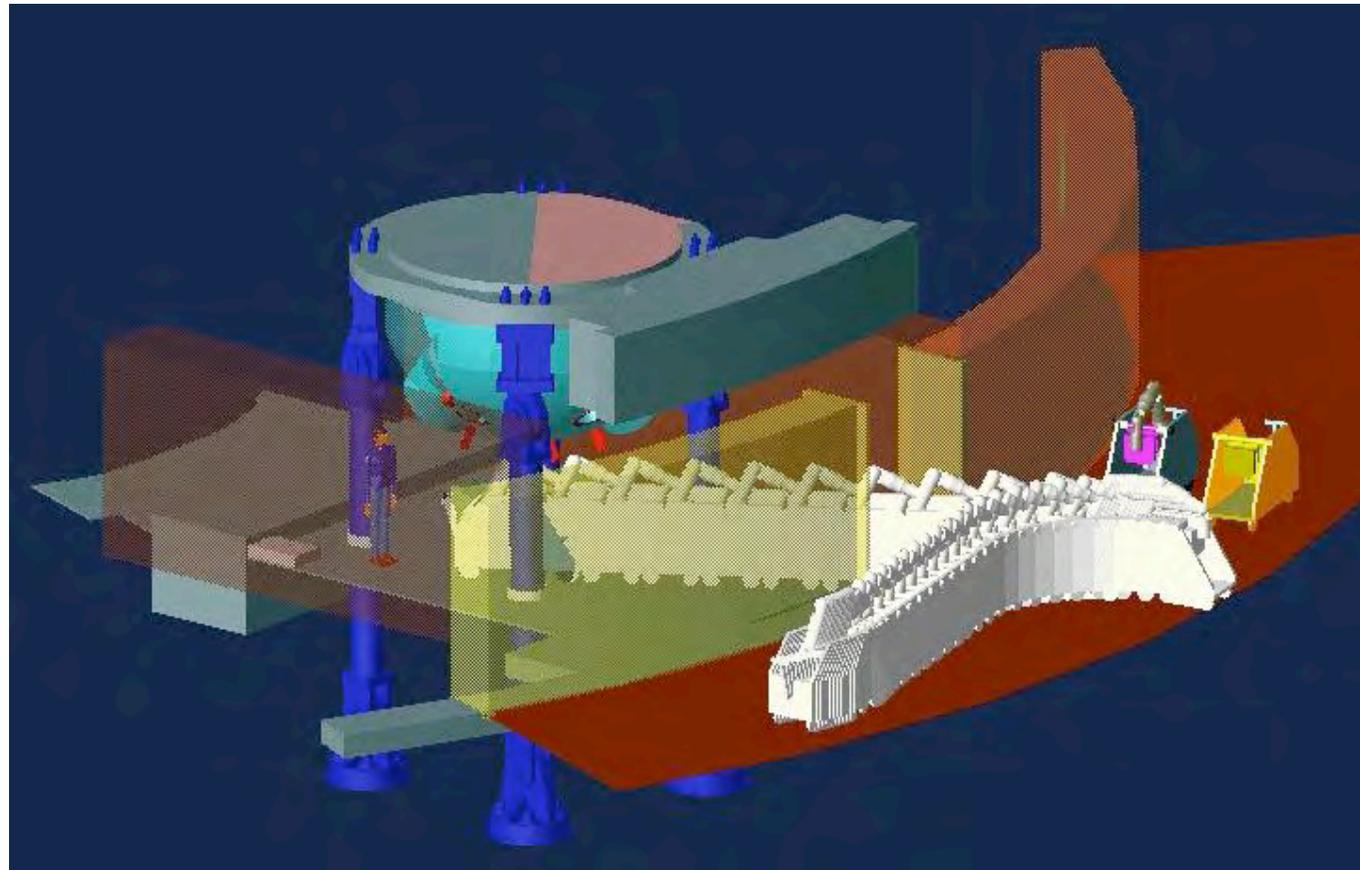


- robot mobile *Hilare 2bis* (LAAS), con rimorchio e braccio manipolatore, e sua localizzazione in una mappa interna

sensori: encoder (su ruote e giunti braccio), ultrasuoni, laser SICK, telecamera sul gripper



Ispezione e sorveglianza



- pianificazione automatica di una operazione di ispezione robotizzata in una centrale elettrica (simulazione *Move3D*)

Esplorazione di miniere



- *Groundhog* (Carnegie Mellon)
- 750 kg, doppio asse articolato
- sensore laser SICK (rangefinder) orientabile
- sensori di gas e di immersione
- algoritmo SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)



RoboCup e RoboRescue



- RoboCup middle-size league (robot mobili su ruote, qui con visione omnidirezionale)
- *Orpheus* vincitore della RoboRescue (esplorazione e ricerca di vittime in ambienti disastri)

edizione 2003, Fiera di Padova



DARPA Grand Challenge



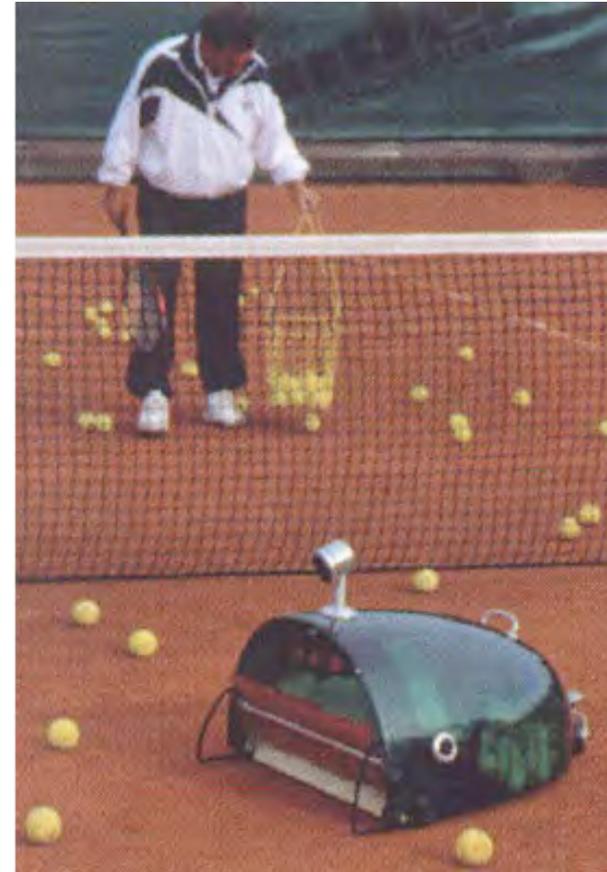
5 laser SICK per mapping e localizzazione
sul tetto della VW Touareg vincitrice nel 2005



la moto del Blue Team

- gara per veicoli **autonomi** (auto e moto) su un percorso misto

Tempo libero



- robot barista Erhardt+Abt (Germania)
- il raccattapalle robotico (RWI e Carnegie Mellon Univ, USA) che ha vinto nel 1996 la gara "Clean up the tennis court!" della AAAI

Robot museali



- tre robot mobili per la guida museale (Museo della Scienza della Comunicazione di Berlino)

Entertainment



- il robot *Anaconda* (Edge Innovations, USA) pesa varie tonnellate, ha 60 vertebre artificiali lungo dodici metri di lunghezza, ed è movimentato da motori idraulici fino alla velocità di 60 km/h



Replica di movimenti umani



- il robot antropomorfo della Sarcos Entertainment Systems (USA) replica i movimenti di una persona che indossa una speciale divisa sensorizzata (esoscheletro)



Human-robot interaction (HRI)



- interazione **fisica** e **cognitiva** tra un robot Sarcos ed una persona
la cedevolezza meccanica intrinseca nella struttura robotica
è qui più importante della sua precisione

Human-robot interaction (HRI)

video



interazione **cognitiva**
nel progetto EU Robot@CWE



interazione **fisica**
nel progetto EU PHRIENDS



Cooperazione uomo-robot



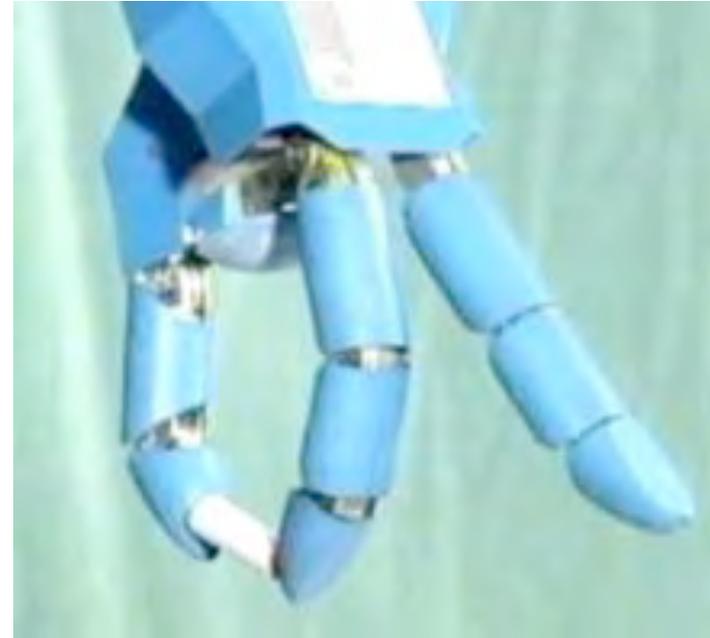
- *Mr. Helper* (Tohoku Univ) collabora nel trasporto di carichi pesanti o ingombranti



- *CoBot* scooter-like per il montaggio di portiere (General Motors)



Mani antropomorfe



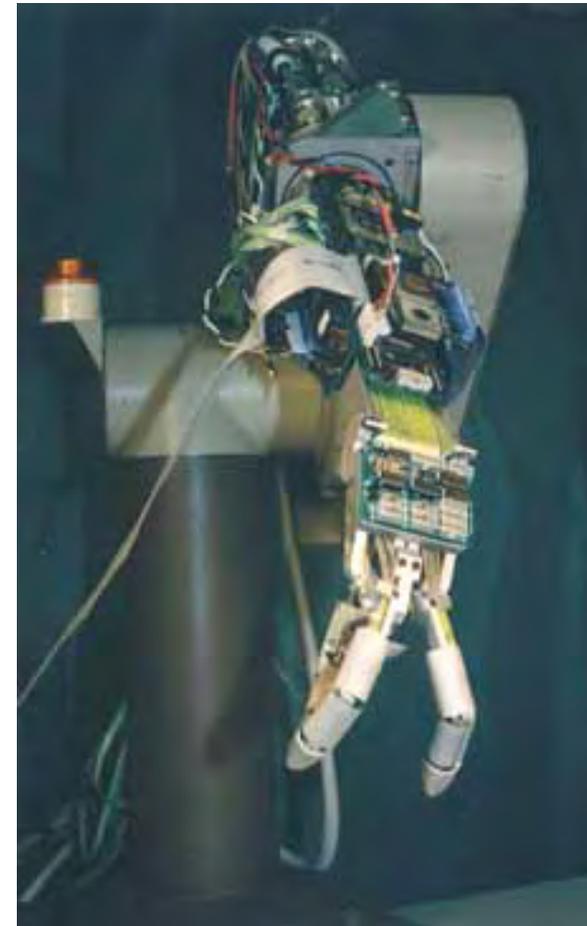
- il progetto *UBHand* di mani robotiche ad elevata destrezza (Univ Bologna)
 - 3 dita con 9 gradi di libertà, attuazione con tendini,
palmo di supporto, sensorizzazione sulle falangi



Mani antropomorfe



- la *UBHand II* completa di attuatori elettrici ed elettronica presentata all'EXPO92 di Siviglia
- integrazione come avambraccio del robot *Unimation PUMA 560*





... una soluzione "minimalista"



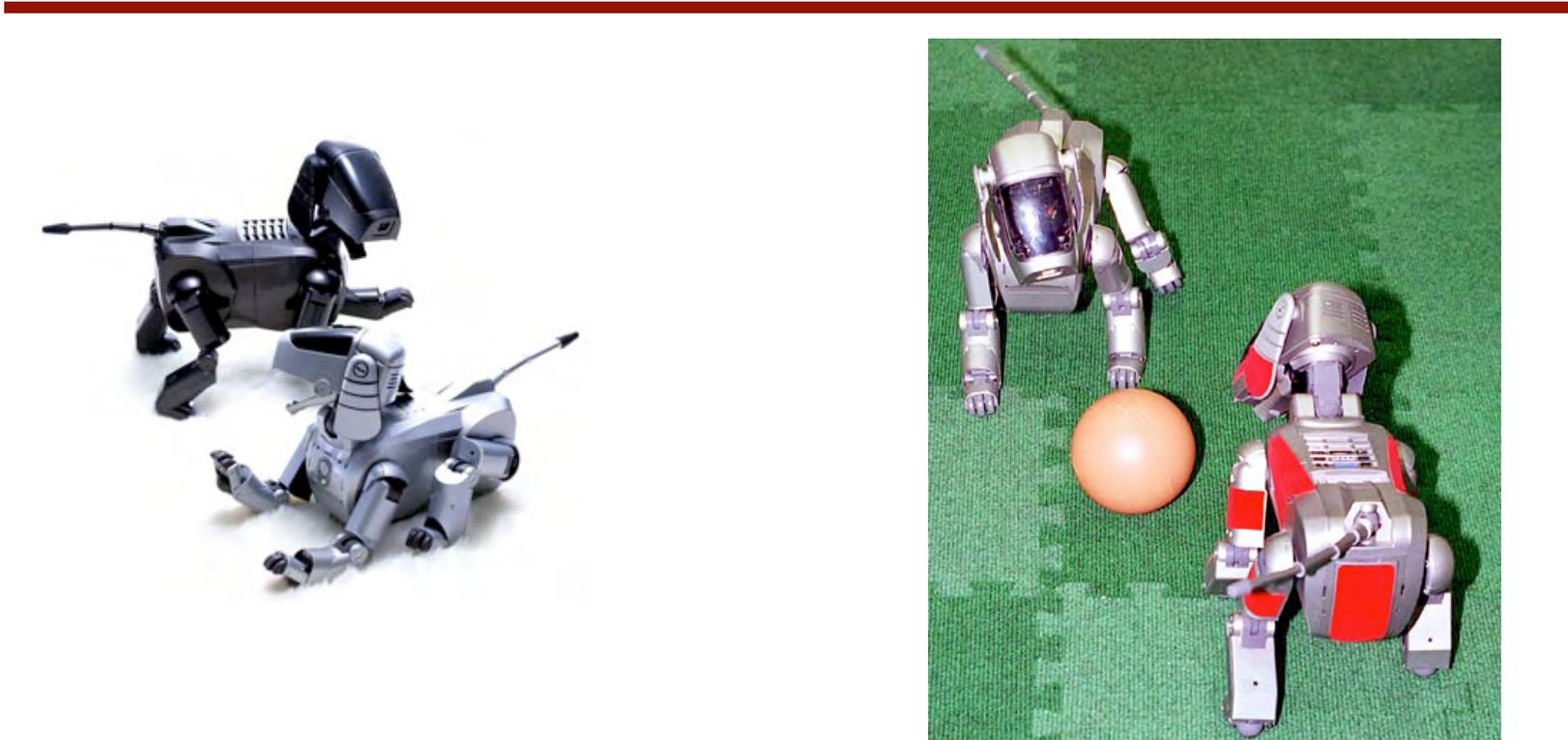
- manipolazione a 5D di oggetti arbitrari
con due soli attuatori lineari e superfici di contatto sensorizzate
(Univ Pisa)

Robot biomorfi



- robot biomorfi del MIT Leg Lab, USA: dinosauro *Troody* (operativo dal 2000) e *Flamingo* con struttura di fenicottero

Locomozione quadrupede

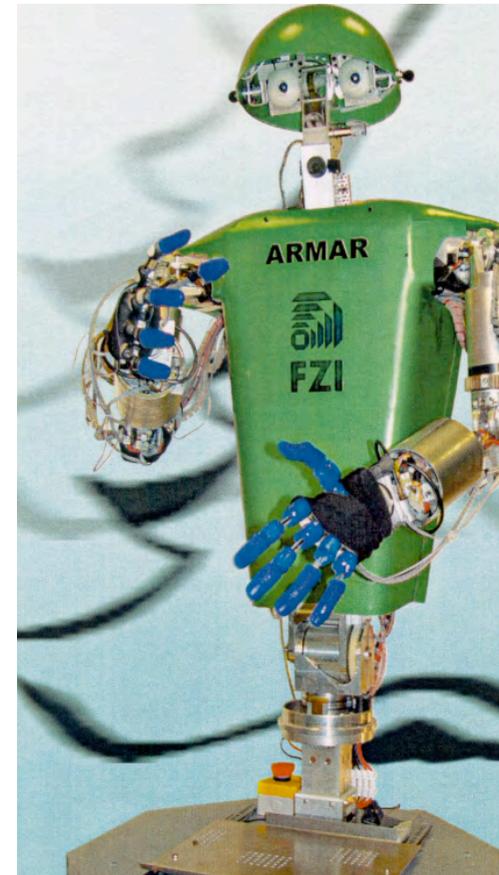


- *AIBO ERS-210* della Sony in azione sul campo di gioco della RoboCup
16 gdl attuati e con encoder, telecamera a colori, tre accelerometri, sensori a ultrasuoni, di tatto e microswitch (ai piedi), batterie: tutto in 1,6 kg!

Torso antropomorfo



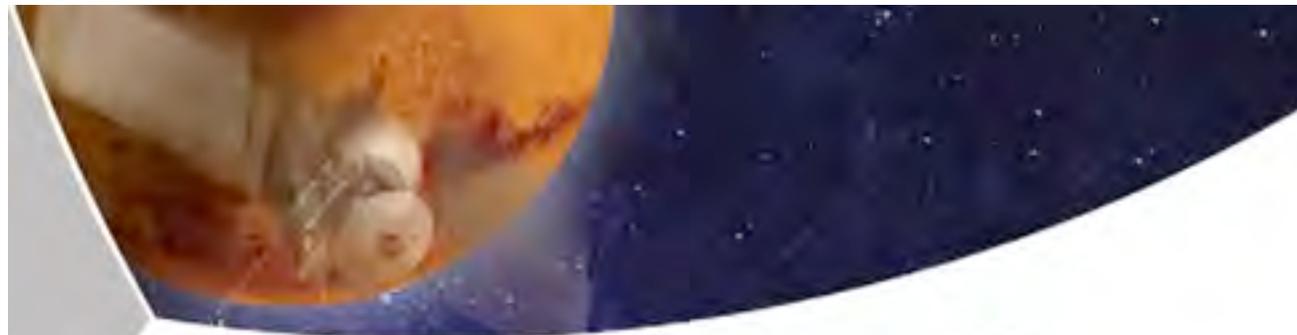
- il robot *Justin* con 7+7+3 gradi di libertà (+ dofs mani) (DLR, Germania)



- il robot del progetto tedesco sugli umanoidi

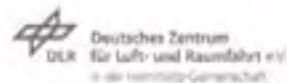
Il sistema robotico Justin

video DLR

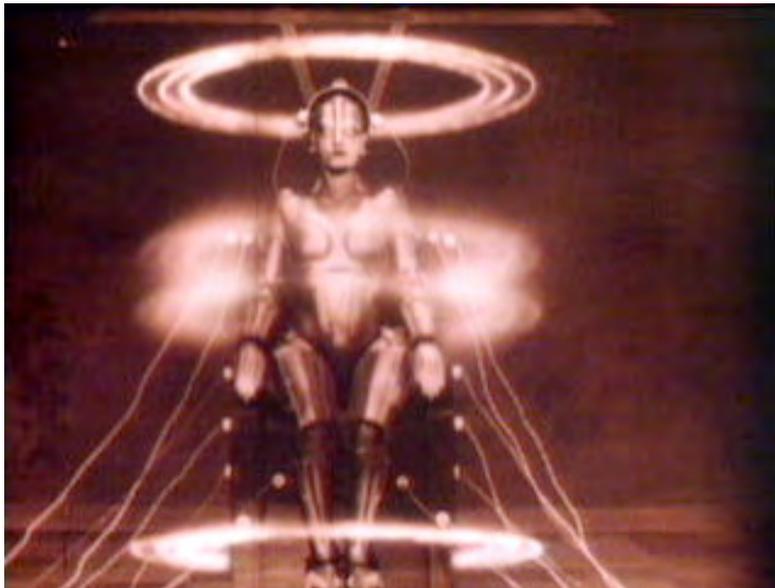


Justin

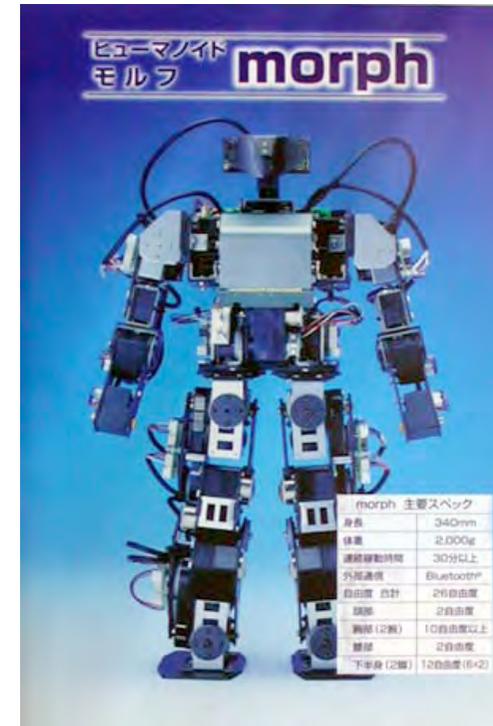
A humanoid upper body system for two-handed manipulation experiments.



Robot umanoidi

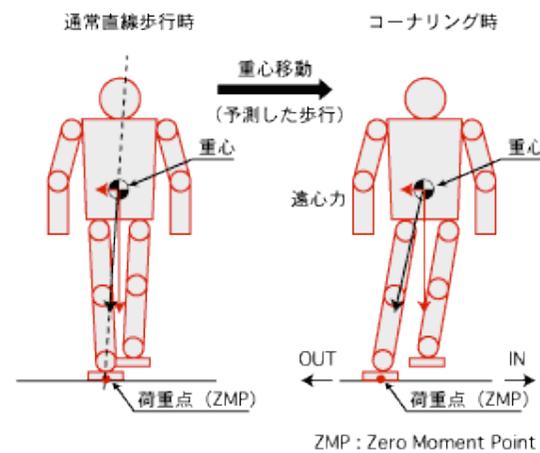


- Metropolis (Fritz Lang, 1927)



- Pino della ZMP (2003)

Robot umanoidi



- il progetto *ASIMO* della Honda è partito nel 1986

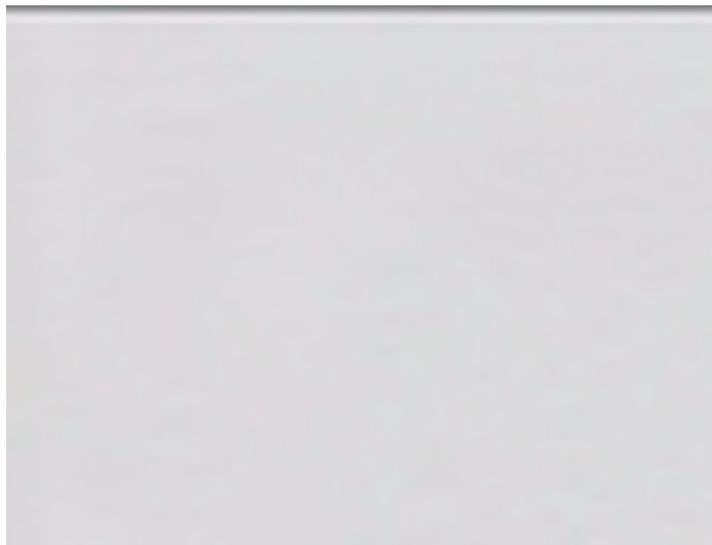


ASIMO in azione

ASIMO sale e scende le scale (Robodex 2003)



prima e seconda serie (taglia ridotta)

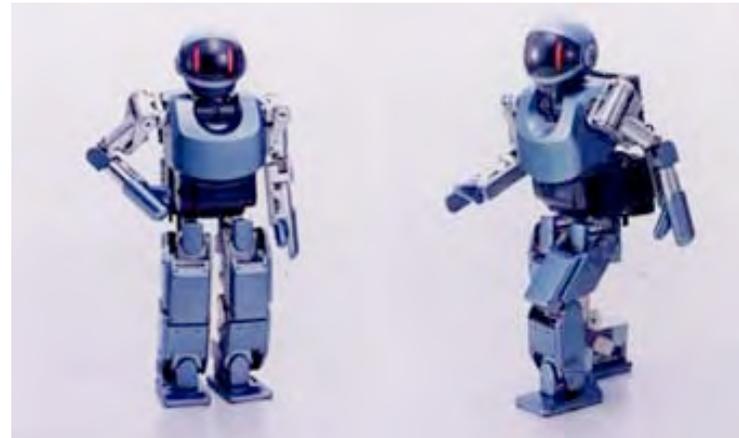




Robot umanoidi



- *HRP-2*
(58 kg, 150 cm, 30 gdl)
2002 Tokyo Univ



- Sony *SDR-3X*
(circa 60 cm)



- humanoid robot
(Q. Huang, PR China)



Sony Q-RIO



video danza di gruppo (2003)

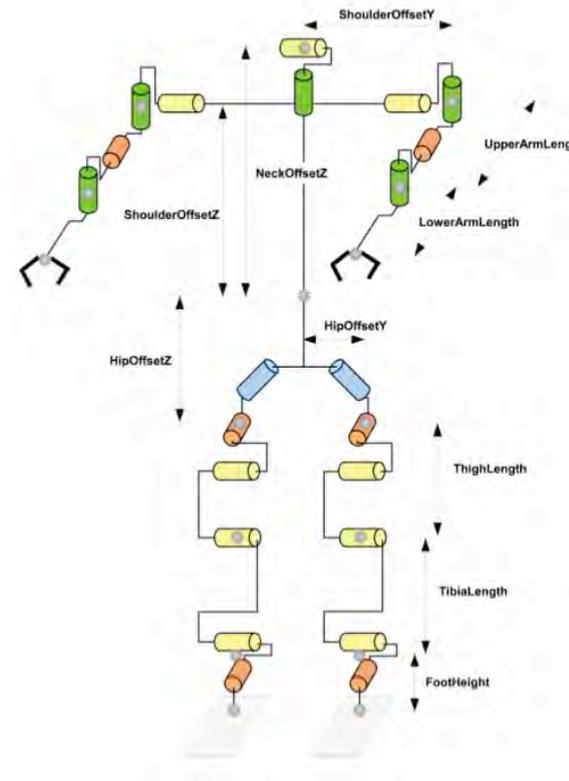
- Sony *Q-RIO*
il primo robot in grado di bilanciarsi su un surf e rialzarsi da terra
(defunto nel 2006...)



Robot umanoidi



altezza = 57 cm
peso = 4.5 kg



descrizione
cinematica

- NAO, Aldebaran Robotics
dal 2008, sostituisce il quadrupede AIBO nella RoboCup standard league



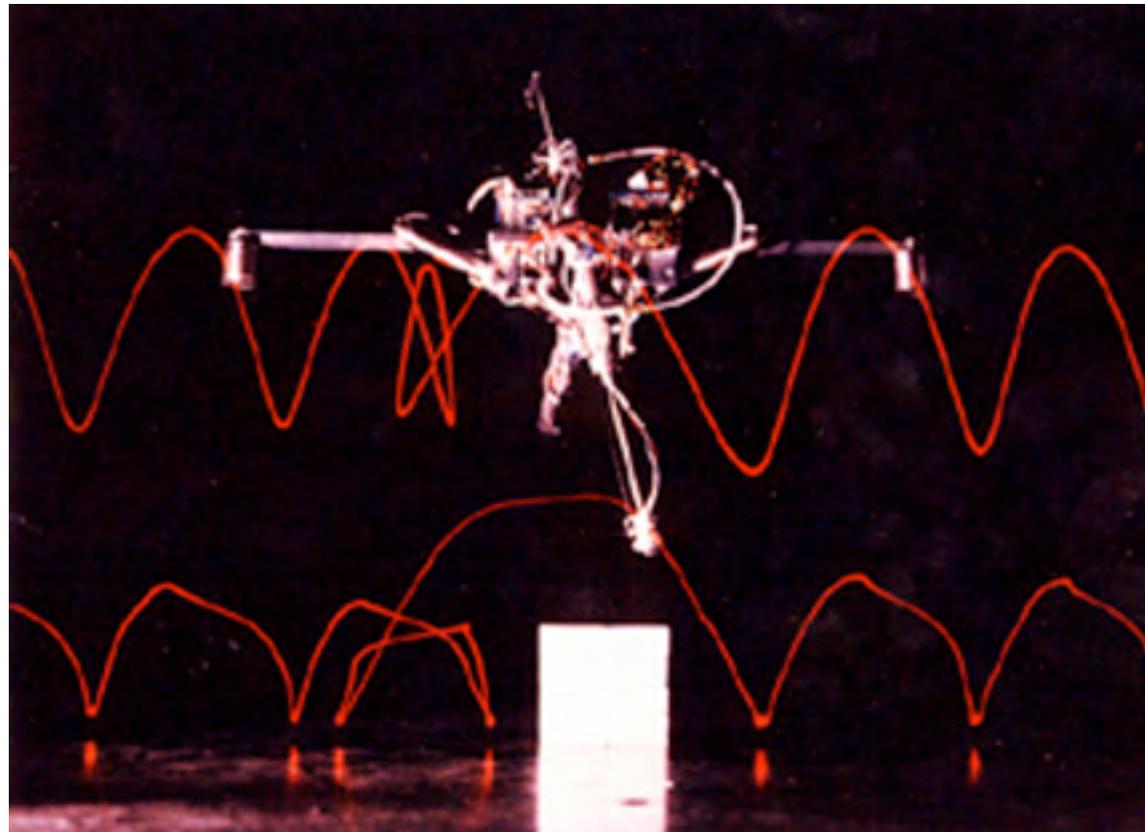
NAO playtime



Aldebaran Robotics
(video commerciale)



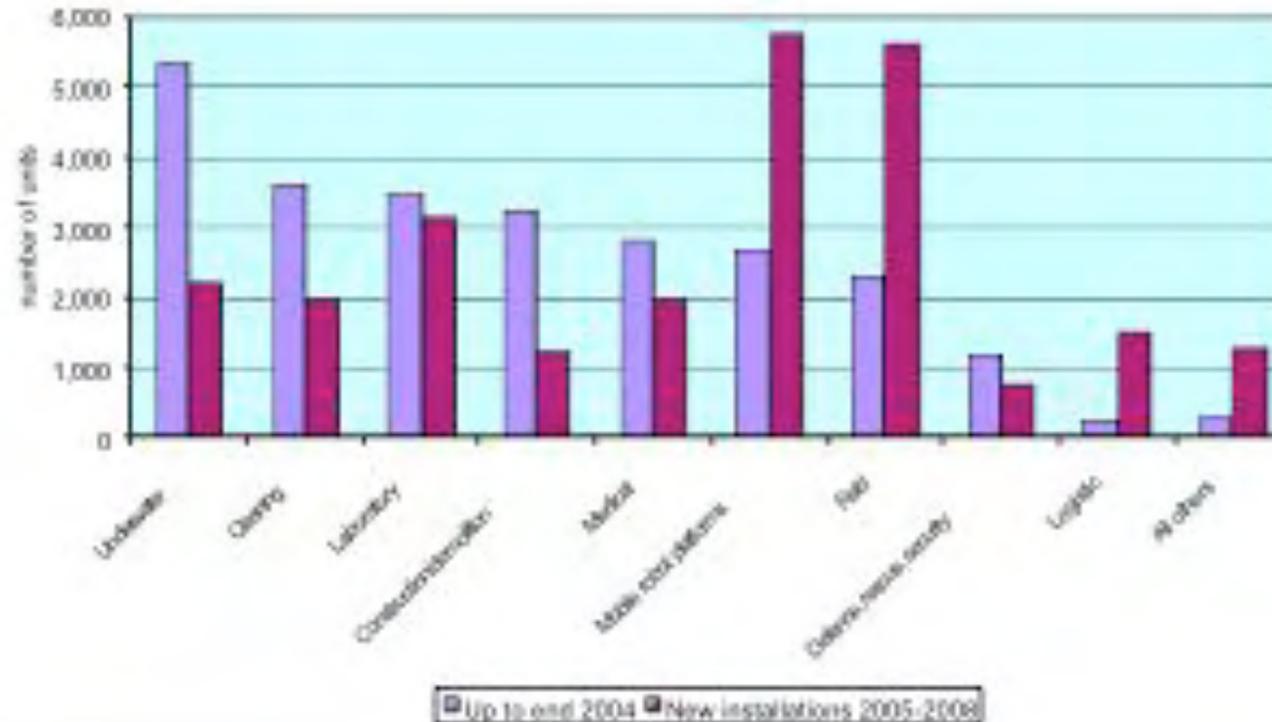
... stabilità dinamica?



- il robot *One-Leg Hopper* (MIT, USA) ha dimostrato nel 1982 la possibilità di mantenere un equilibrio di tipo **solo dinamico**



Diffusione dei robot di servizio



previsione:
7.2 milioni
venduti
entro il 2010
(per lo più
di uso
domestico)

- stock di robot di servizio al 2004 (25000 unità) e proiezioni 2005-08:
underwater, cleaning, laboratory, construction, medical,
general mobile, field, defense & security, logistic, others



Siti web

- <http://video.ieee-ras.org>
collezione completa di *video clips* delle edizioni dal 1991 al 2006 della IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (*ICRA*)
- <http://www.service-robots.org>
sito del Technical Committee on Service Robots della *IEEE Robotics and Automation Society* (RAS)
- <http://www.euron.org>
sito dell'*European Robotics Research Network*, con galleria di robot e progetto di piattaforma europea *EUROP*