



Laurea Magistrale in
Ingegneria Automatica
Master of Science in Control Engineering

www.diag.uniroma1.it/automatica

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA
AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Presentazione agli studenti di Controlli Automatici – BIAR
14 Marzo 2016

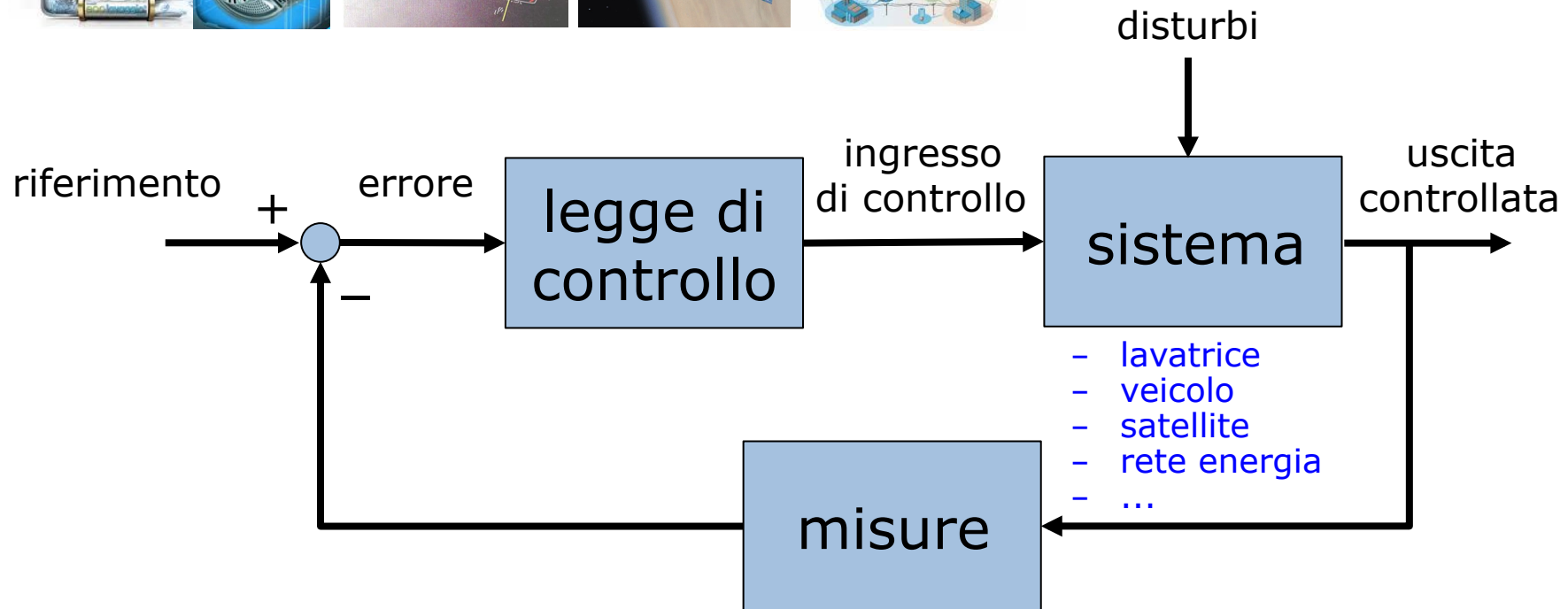
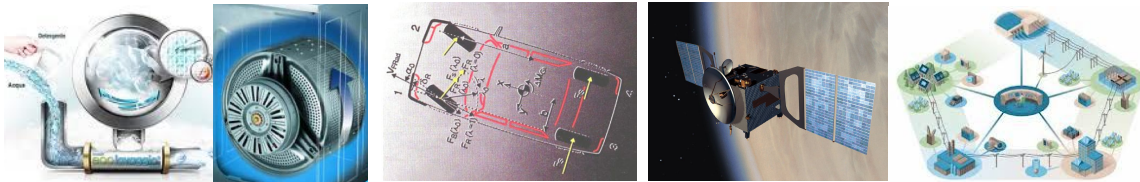


Automatica

αυτως, "se stesso", ματως, "compito", τικη, "tecnica"

- l'**automatica** è la branca dell'ingegneria che si occupa dei metodi e delle tecnologie per la **supervisione, l'automazione e il comando in tempo reale** di sistemi
- un **sistema automatico regola in modo autonomo** e in base al principio del **feedback** il funzionamento di dispositivi e processi, garantendo
 - elevate **prestazioni** (precisione, velocità, comfort, affidabilità, servizio)
 - **risparmio** energetico e/o di costi e materie prime
 - maggiore **sicurezza** e minore **impatto** ambientale
- l'**ingegnere automatico** svolge attività di **progetto, realizzazione, ottimizzazione** e **gestione** di **sistemi di controllo automatico** per impianti industriali e processi complessi di varia natura
- utilizzando **modelli** descrittivi (matematici, cognitivi), misure/informazioni acquisite da **sensori** e **attuatori** di comando

Controllo in feedback

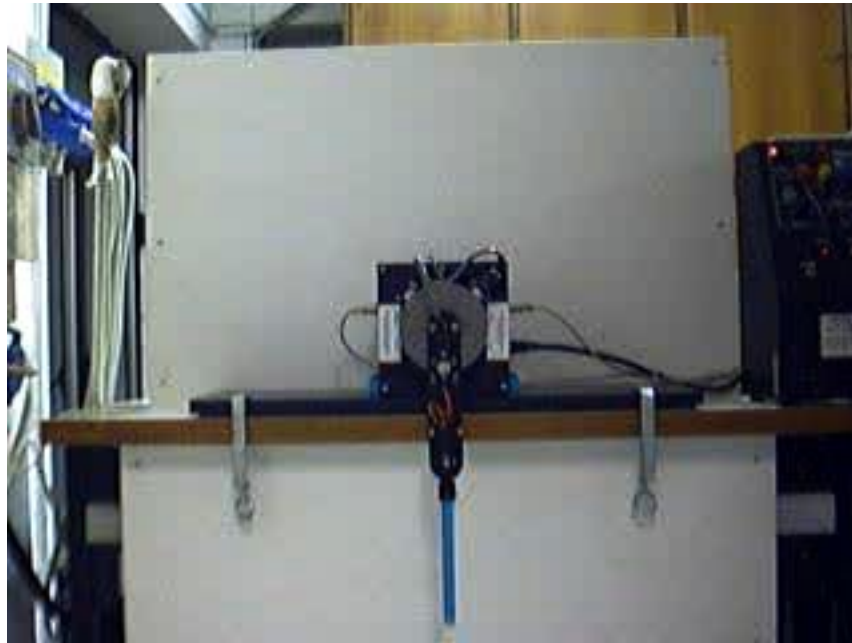


- esempio umano: locomozione basata su feedback visuale
- esempio automatico: robot umanoide guidato da telecamera

“swing-up” di un pendolo inverso

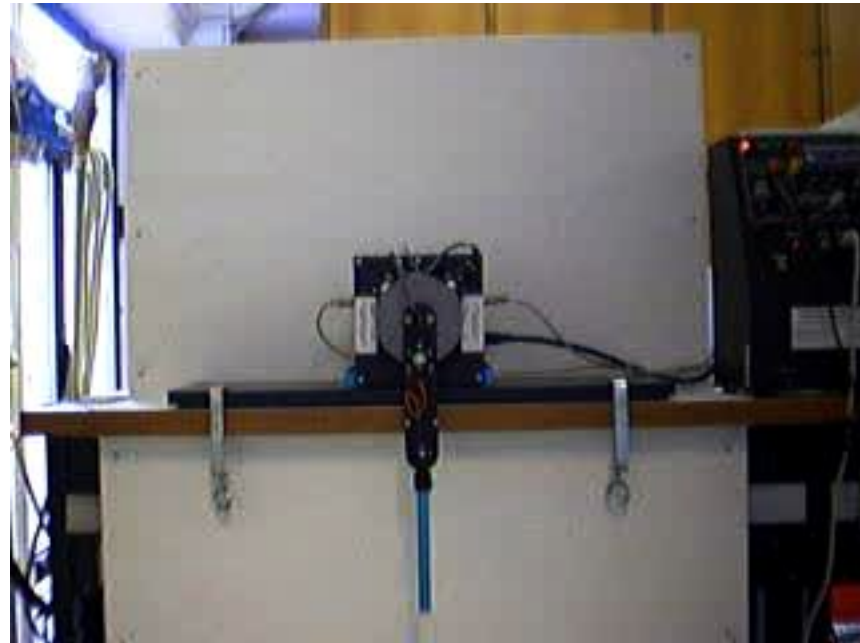


video



controllo lineare (PID)

video



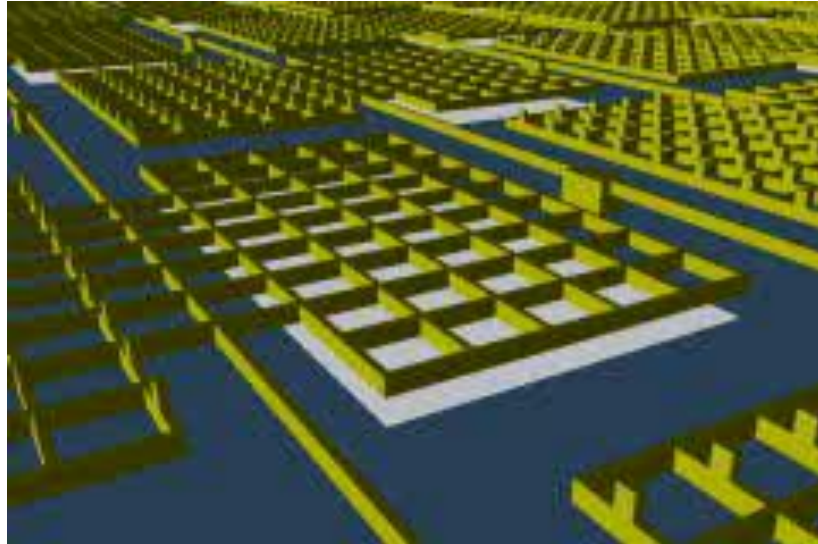
controllo non lineare

una tecnica di controllo simile è utilizzata anche per stabilizzare la camminata dei robot umanoidi!

controlli automatici e mecatronica

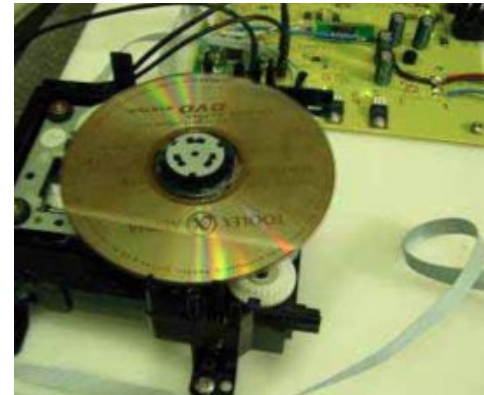


video



micro/nano attuatori al silicio

oscillazioni indotte da forze elettrostatiche controllate da una tensione applicata tra gli elettrodi e il substrato di silicio



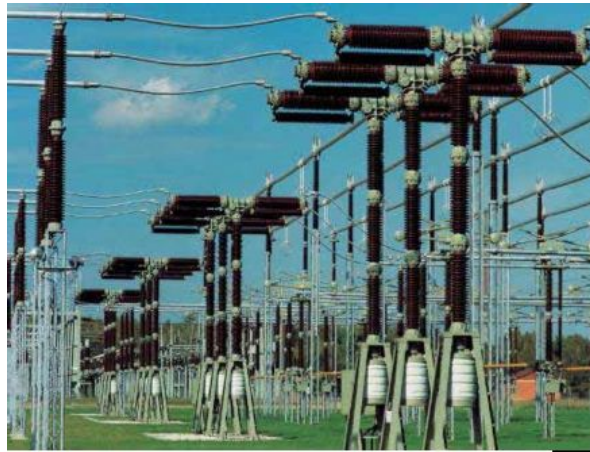
video



testina di lettura HD

$\sim 10^2$ posizionamenti al secondo

Applicazioni dell'Automatica



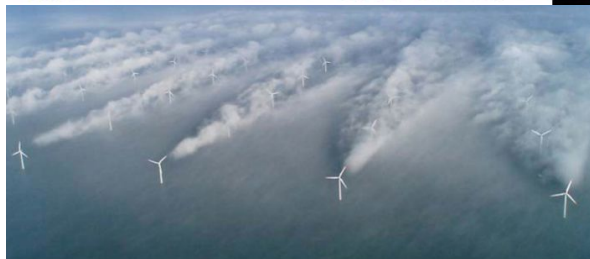
Generazione e distribuzione dell'energia (smart grids)



Controllo di processi industriali (es. chimici)



Green energy management



Robotica di servizio e automazione industriale



Applicazioni dell'Automatica



Automotive (ABS, ESP, parcheggio automatico)



Aeronautica (fly-by-wire)



Astronautica (controllo ottimo, assetto di satelliti, robotica spaziale)

Navigazione (pilota automatico)

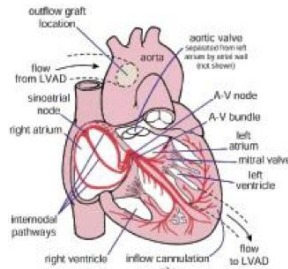
Applicazioni dell'Automatica



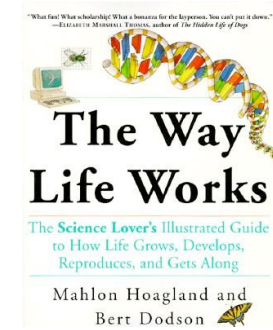
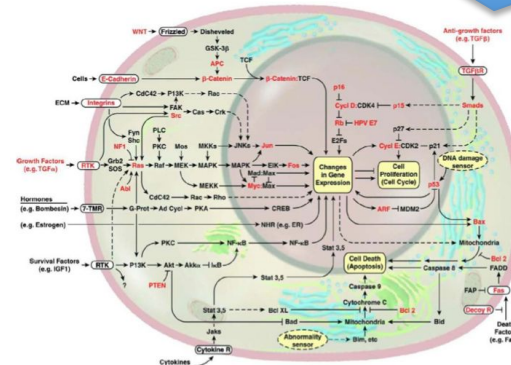
Controllo di
protesi artificiali



LVAD = Left Ventricular Assist Device

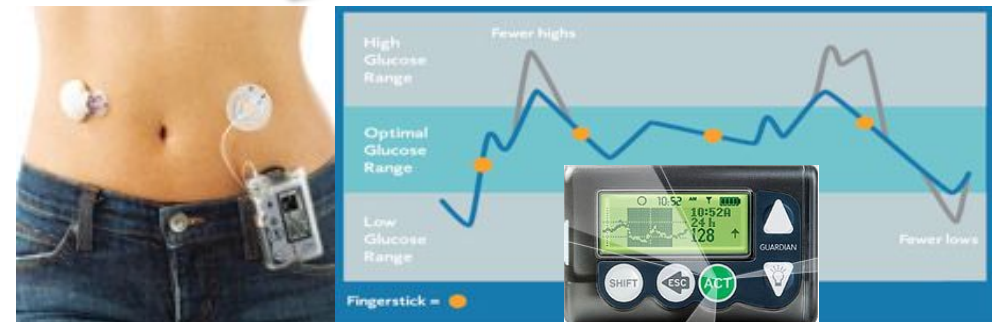


Modelli di sistemi biologici



Meccanismi di regolazione in feedback:
temperatura corpo, pressione arteriosa,
livello di glucosio, interazioni cellulari ...

Chirurgia robotica
(sistema daVinci)



Una "tavola" con molti invitati



modelli

- matematici
- fisici, chimici, ...
- economici

componenti

- sensori e attuatori
- PC, DSP, μ -processori
- reti locali e wireless



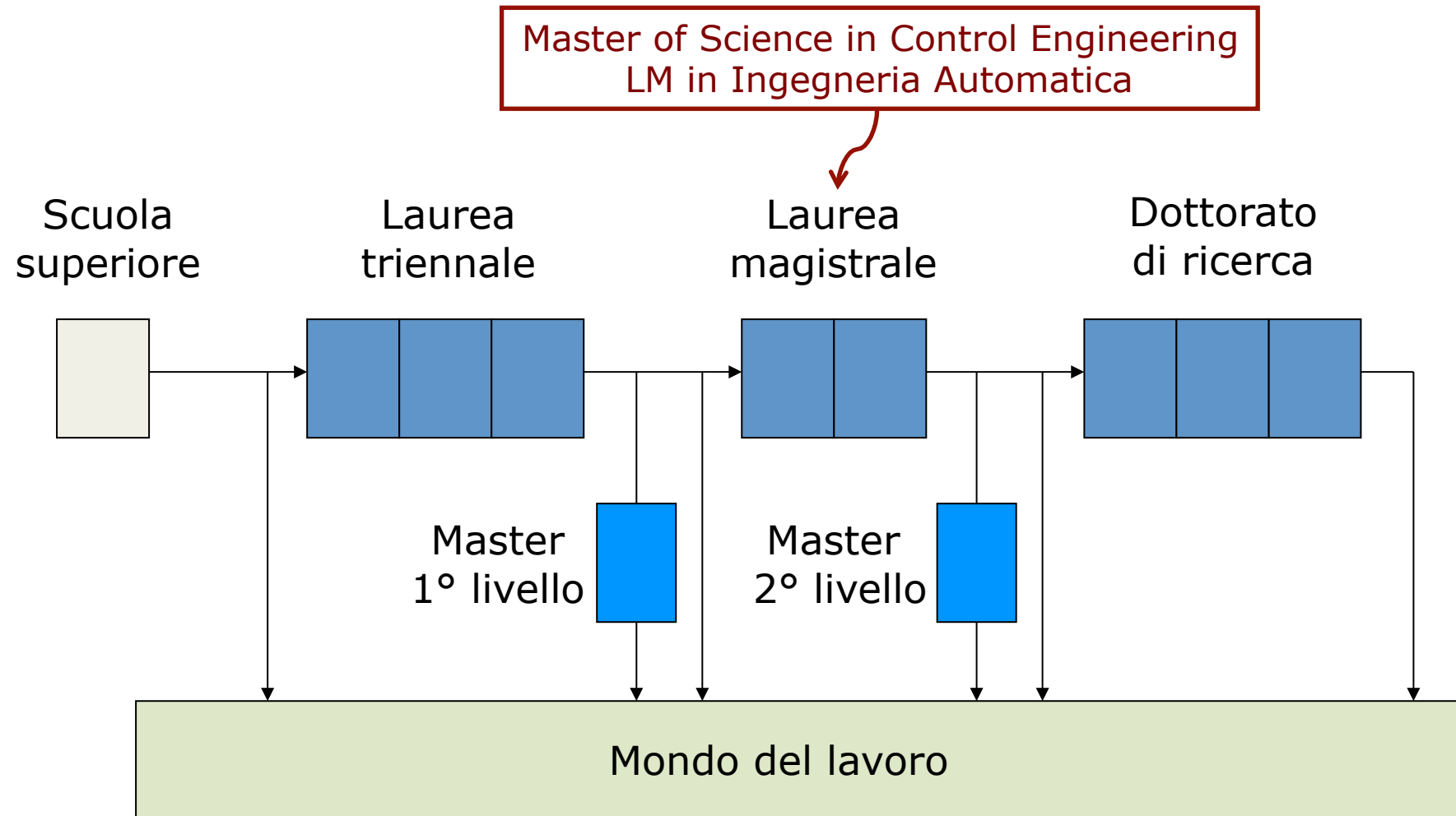
ingegneria

- requisiti utente
 - obiettivi, costi, vincoli
- progettazione
- simulazione
- programmazione
- realizzazione

tecnologie

- informatica
 - C++, Java, Python, Matlab/Simulink
- elettronica
- meccanica
- elettrotecnica
- telecomunicazioni

Organizzazione universitaria



Il percorso alla Sapienza



Laurea in Ingegneria Informatica e Automatica

- 3 anni, 180 crediti, 20 esami
- orientamento Automatica (uno dei tre)
- prova finale (3 crediti)

Laurea Magistrale in Ingegneria Automatica

- in inglese: M.Sc. in Control Engineering
- 2 anni, 120 crediti, **12 esami**
- interfacoltà (le due ingegnerie: I3S + ICI)
- attività teoriche e di laboratorio (controllo di reti, robotica)
- tesi progettuale (30 crediti = tirocinio + prova finale)

Dottorato in Automatica e Ricerca Operativa

- 3 anni
- possibilità di soggiorno all'estero fino a 1 anno
- tesi di dottorato di ricerca

Laurea in Ingegneria Informatica e Automatica (BIAR) - orientamento automatica



Primo anno (in comune)

- Analisi matematica I (12 cfu)
- Geometria (6 cfu)
- Fondamenti di informatica I (12 cfu)
- Fisica (12 cfu)
- Tecniche di programmazione (6 cfu)
- Calcolo delle probabilità e statistica (6 cfu)
- Ricerca operativa (9 cfu)
- Idoneità lingua straniera (3 cfu)

Secondo anno

- Programmazione orientata agli oggetti (6 cfu)
- Telecomunicazioni (9 cfu)
- **Teoria dei sistemi (6 cfu)**
- Analisi matematica II (6 cfu)
- Sistemi di calcolo (12 cfu)
- **Controlli automatici (9 cfu)**
- Elettrotecnica (6 cfu)
- **Modellistica e simulazione (9 cfu)**

manifesto dal a.a. 2013-14

Terzo anno

- **Automazione (9 cfu)**
- **Controllo e gestione delle reti (6 cfu)**
- Elettronica (6 cfu)
- Economia e organizzazione aziendale (9 cfu)
- **Laboratorio di automatica (6 cfu)**
- Esami a scelta dello studente (12 cfu)
- Prova finale (3 cfu)

BIAR è la via d'accesso principale
alla LM Ingegneria Automatica
ma **NON** l'esclusiva

bastano **96 cfu complessivi**
acquisiti nei seguenti settori (SSD):
- qualsiasi ING-INF
- moltissimi ING-IND
- anche MAT, FIS, CHIM

Curriculum LM Ingegneria Automatica

(2 anni, Manifesto 2016-17)



- **2** insegnamenti obbligatori da 12 cfu [nel 1° anno] 24 cfu
 - **Nonlinear systems and control**
 - **System identification and optimal control**
 - gli unici da 12 cfu, erogati sui due semestri
- **6** insegnamenti opzionali tra 9 caratterizzanti (gruppo **B**) 36 cfu
- **3** insegnamenti opzionali tra 7 affini/integrativi (gruppo **C**) 18 cfu
- **1 o 2** insegnamenti a **scelta libera** 12 cfu
 - tra i restanti nei gruppi B/C o su tutta l'offerta Sapienza
 - nel 2° anno
- tirocinio (6 cfu) + prova finale (24 cfu) [nel 2° anno] 30 cfu
- totale (ripartibile come 60 cfu/anno) = **120 cfu**
- **12** esami in tutto
 - quelli liberi contano 1 unità

cfu = credito formativo universitario

Gruppi opzionali di scelte

Gruppo B: scelta di 6 tra 9 (36 cfu)	anno	sem
Process automation	1	I
Robotics I	1	I
Robust control	1	I
Multivariable feedback control	1	II
Robotics II	1	II
Control of communication and energy networks	2	I
Digital control systems	2	I
Dynamics of electrical machines and drives	2	I
Vehicle system dynamics	2	II
Gruppo C: scelta di 3 tra 7 (18 cfu)	anno	sem
Autonomous and mobile robotics	1	II
<i>Robotics II</i>	1	II
Computer and network security	2	I
<i>Control of communication and energy networks</i>	2	I
<i>Digital control systems</i>	2	I
Machine learning	2	I
Control of autonomous multi-agent systems	2	II

tre insegnamenti sono
ripetuti nei gruppi B e C



Altre informazioni

- corso di studio in **crescita rapida** (dalla rifondazione in inglese nel 2013-14) con forte presenza nazionale e internazionale
 - 2013-14: 13 matricole (0 con titolo straniero)
 - 2014-15: 23 matricole (7 con titolo straniero)
 - 2015-16: 42 matricole (16 con titolo straniero, 7 da altri atenei)
 - 2016-17: già 35 domande extra-EU...
- sistema di **tutoring personalizzato** (dal 2016-17: 5 studenti/docente)
- **percorso di eccellenza** (student honors): 4 posti dal 2016-17
- possibilità di **Erasmus+** (vari partner in progetti di ricerca europei)
- possibilità **doppio titolo** italo-francese
- contatti con aziende (PMI e nazionali) per **tirocini e tesi**

Contatti



- **Presidente del CdS:** Alessandro De Luca (deluca@diag.uniroma1.it)
- **Ufficio Didattico:** Giuseppina Melita (melita@...)
- **Foreign students help desk:** Ester Latini (ecs-int@...)
- **Web site (bilingue):** www.diag.uniroma1.it/automatica

Laboratorio di Robotica, DIAG



c/o Via Ariosto 25



www.diag.uniroma1.it/labrob

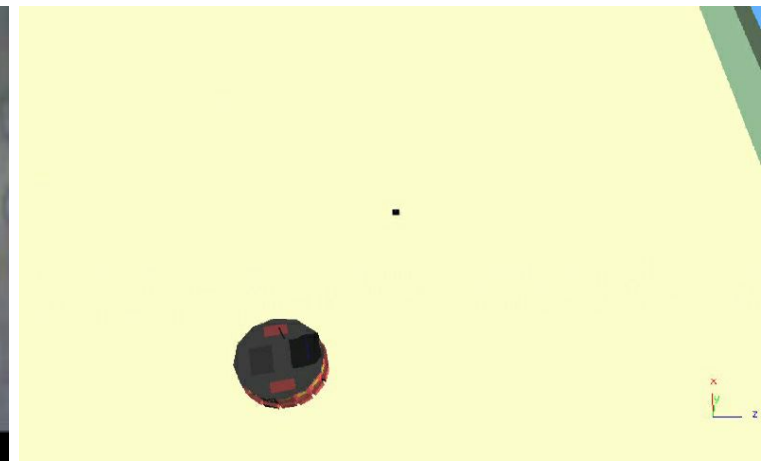
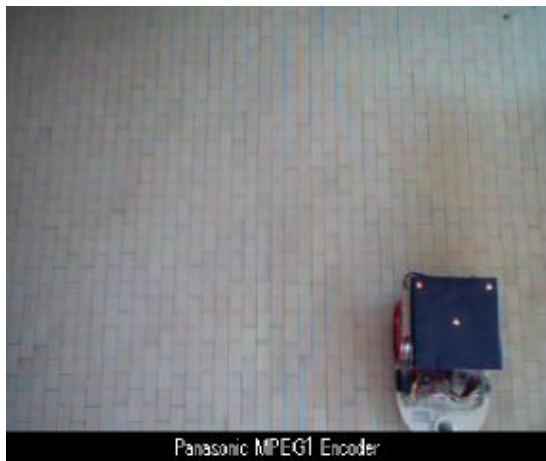
video channel: <https://www.youtube.com/user/RoboticsLabSapienza>

oldies, but goldies (1994-2004)



parcheggio "automatico"
di veicoli robotici

esecuzione accurata
di traiettorie arbitrarie



3 video

inseguimento
di un target mobile
da feedback visuale
(tante altre applicazioni!)



video

controllo della piattaforma CyberWalk per esplorazione di realtà virtuali



CyberWalk Integration Test Tracking - Virtual Environment

Simon Haegler, ETH Zurich

Thanks to:
Jan Souman, Ilja Frissen, MPG Tuebingen
Paolo Robuffo Giordano, UOR

May 2007

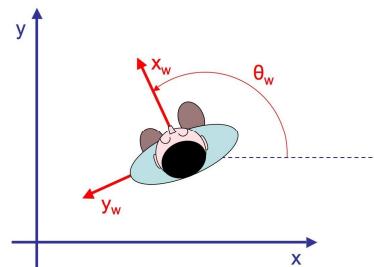
Video attachment to IROS'09 paper

Control Design and Experimental Evaluation
of the 2D CyberWalk Platform

A. De Luca, R. Mattone, P. Robuffo Giordano and H. H. Bühlhoff

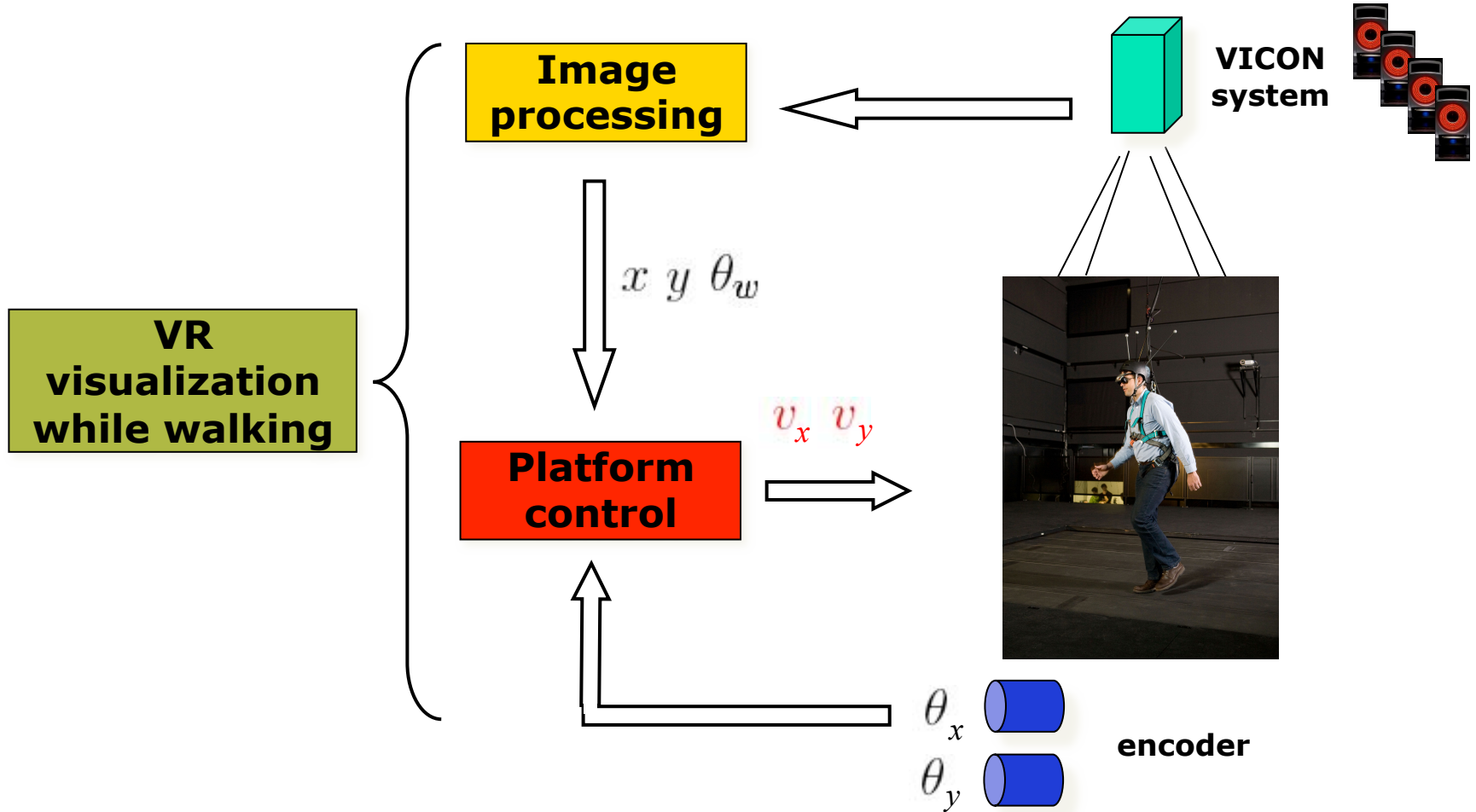
Dipartimento di Informatica e Sistemistica Max Planck Institute for
Università di Roma "La Sapienza" Biological Cybernetics

video



video

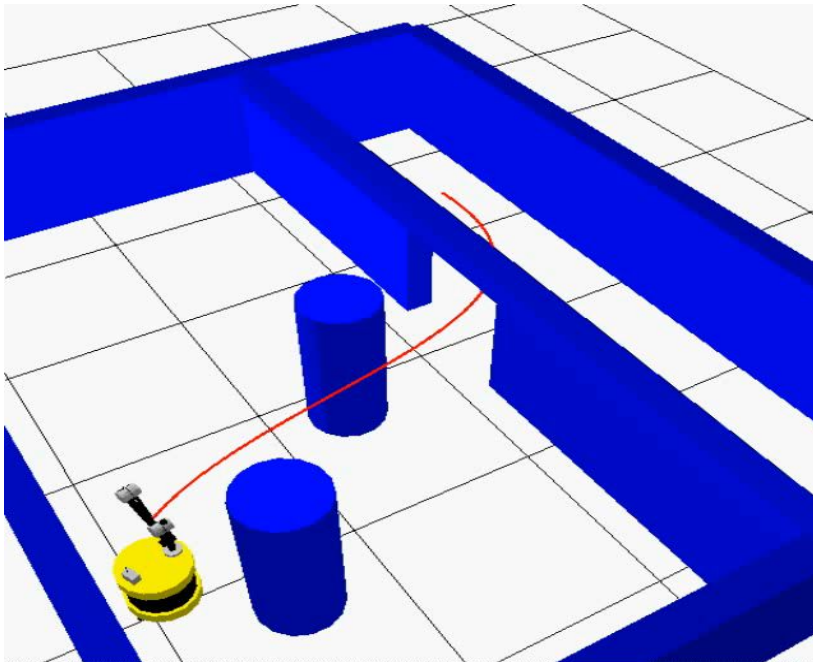
“architettura” del controllo automatico



pianificazione automatica del moto tra ostacoli e con altri vincoli



video



video



**Planning safe cyclic motions
under repetitive task constraints**

Massimo Cefalo, Giuseppe Oriolo, Marilena Vendittelli

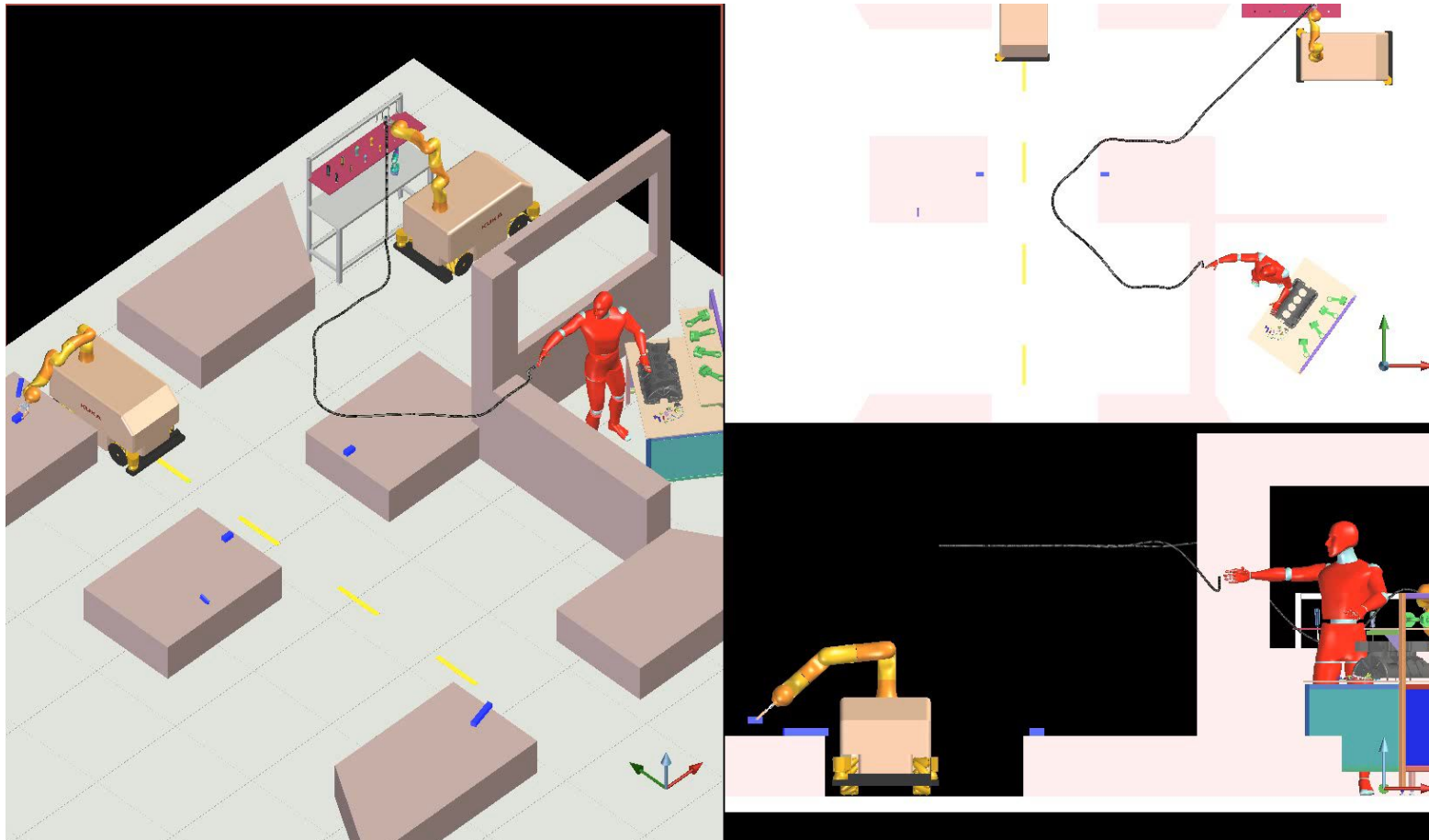
Robotics Lab, DIAG
Sapienza Università di Roma

September 2012

base mobile su ruote
(vincolo di **anolonomia**)
+ manipolatore a bordo

se un manipolatore articolato
esegue un compito **ciclico**,
ritorna nella stessa configurazione?
e riesce a **evitare ostacoli**?

pianificazione automatica del moto tra ostacoli mobili e in presenza di persone

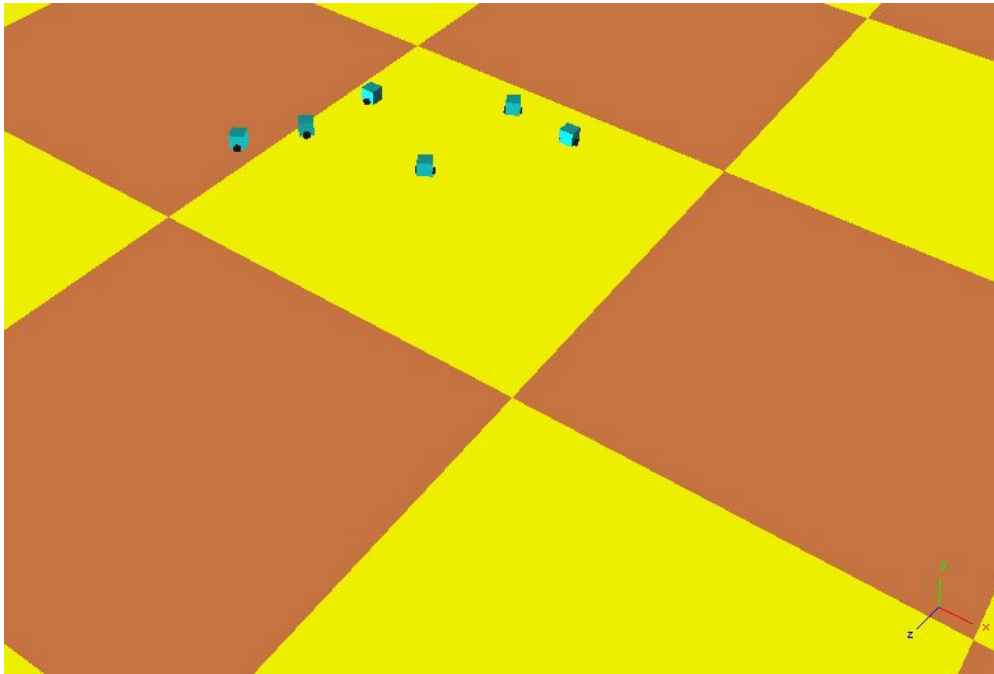


video

controllo cooperativo di team di robot mobili



video



controllo decentralizzato
di formazione (varie figure)

video

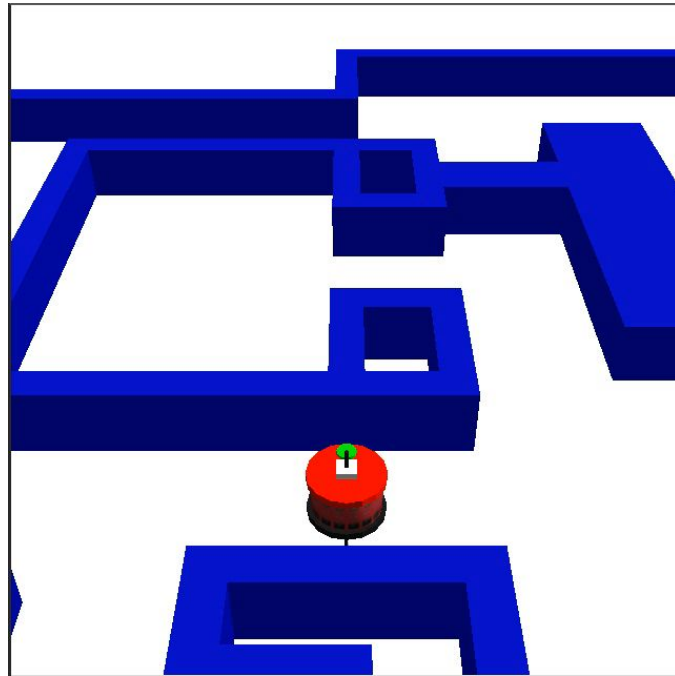


“accerchiamento” di un target
(controllo decentralizzato
basato su sensori a bordo)

esplorazione e mappatura di ambienti



video



singolo robot
con sensore laser

video



team di robot Khepera
(controllo decentralizzato e range
limitato di comunicazione)

controllo di UAV (droni)



video



Hummingbird
quadrotor

- controllo di quota con ultrasuoni
- tracking del veicolo target sul terreno con sistema di visione a bordo



UAV = Unmanned Aerial Vehicle



controllo "sensor-based" del robot umanoide NAO

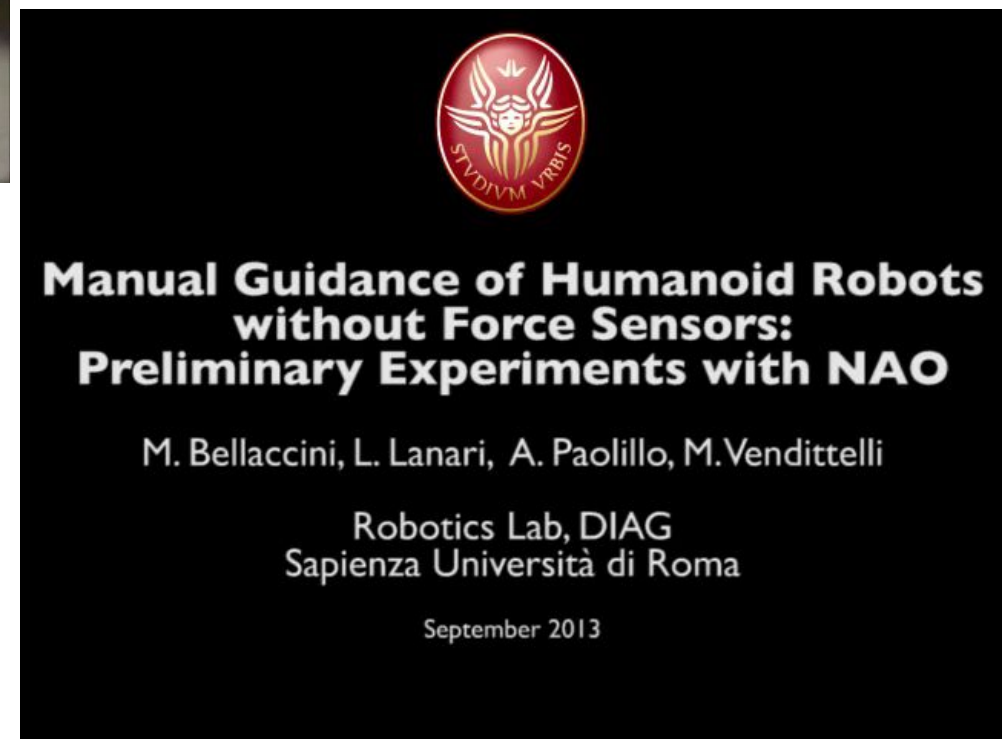


video

guidato dalla visione...

video

guidato (anche per mano)
dalle forze scambiate ...



pianificazione del moto e controllo del robot umanoide NAO



Real-Time Planning and Execution of Evasive Motions for a Humanoid Robot

M. Cognetti, D. De Simone, L. Lanari, G. Oriolo

Robotics Lab, DIAG
Sapienza Università di Roma

September 2015

[video](#)

controllo dell'interazione fisica uomo-robot - coesistenza sicura e collaborazione



video



video



dimostrazioni
a **OpenDIAG**
(dal 2013 in poi)



**FP7 SAPHARI
(2011-15)**



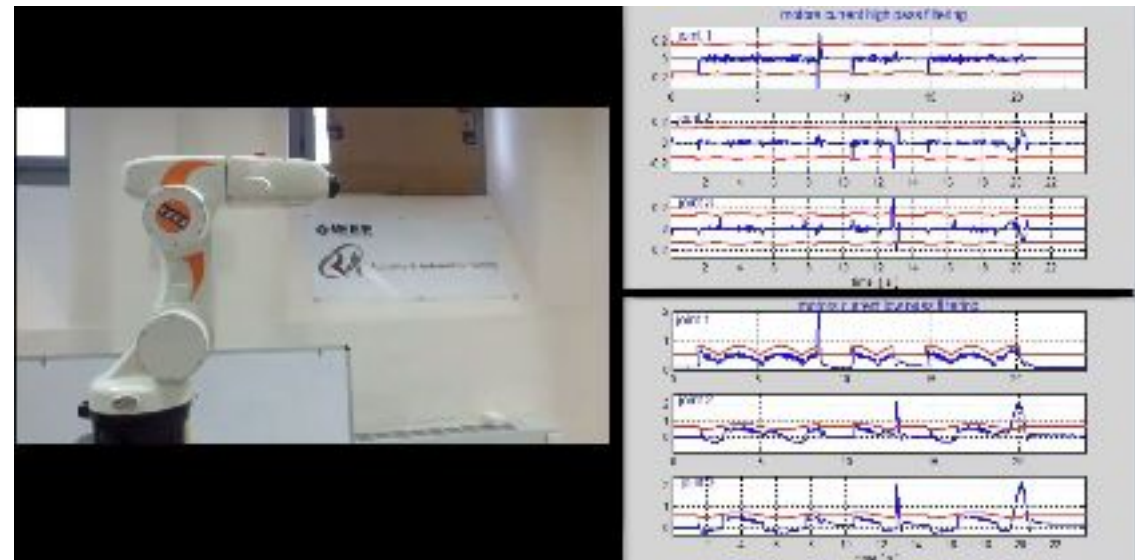
collisione o collaborazione?



video

su robot leggero KUKA LWR 7R
di nuova generazione
(con **modello dinamico** identificato)...

... ma anche su robot di tipo
industriale (KUKA KR5 6R) con
architettura di controllo **chiusa**



video

human-robot physical collaboration – controllo delle forze scambiate (sensorless!)



video



**Estimation of Contact Forces
using a Virtual Force Sensor**

Emanuele Magrini, Fabrizio Flacco, Alessandro De Luca

Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica
e Gestionale, Sapienza Università di Roma

February 2014

video



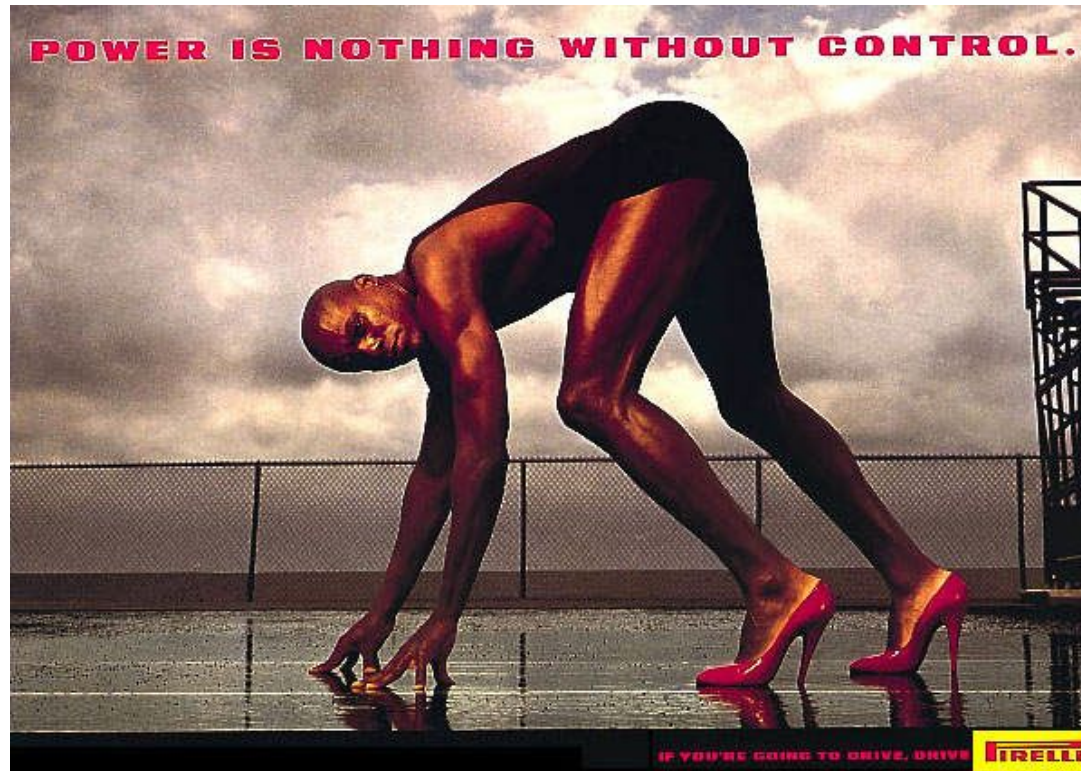
**Control of Generalized Contact Motion and Force
in Physical Human-Robot Interaction**

Emanuele Magrini, Fabrizio Flacco, Alessandro De Luca

Robotics Lab, DIAG
Sapienza Università di Roma

September 2014

“La potenza è nulla senza il controllo”



Carl Lewis in uno spot pubblicitario della Pirelli nei primi anni '90