

# **Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione**

***Offerta didattica e piano di studio  
(studenti immatricolati a.a. 2018-'19)***

**Padova, 29 maggio 2018**

1. Esami obbligatori: 57 cfu

## Primo anno (a.a. 2018-'19): 39 cfu

- 1) Teoria dei sistemi (9 cfu, 1 sem.)
- 2) Controllo digitale (6 cfu, 1 sem.)
- 3) Machine Learning (6 cfu, 1 sem.)
- 4) Stima e filtraggio (9 cfu, 2 sem.)
- 5) Control Laboratory (9 cfu, 2 sem.)

## Secondo anno (a.a. 2019-'20): 18 cfu

- 1) Learning Dynamical Systems (9 cfu, 1 sem.)
- 2) Networked Control for multi-agent Systems (9 cfu, 1 sem.)

2. Esami a scelta vincolata: 33 cfu

Almeno un esame tra i seguenti **di base: 9 cfu**

B1) Mathematical Methods for Information  
Engineering (1 anno, 2 sem.)

B2) Mathematical Physics (1 anno, 2 sem.)

B3) Statistical Mechanics Of Complex Systems  
(1 anno, 2 sem.)

Almeno un esame tra i seguenti ***affini***: 9 cfu

A1) Computer Vision (1 anno, 2 sem.)

A2) Digital Signal Processing (1 anno, 1 sem.)

A3) Measurement Systems in Automation (2 anno, 1 sem.)

A4) Telecommunication networks (1 anno, 1 sem.)

A5) Ricerca Operativa (1 anno, 1 sem.)

# Almeno **15 cfu** tra i seguenti esami *caratterizzanti*

- 1) Electric Drives for Automation (9 cfu, 2 anno, 1 sem.)
- 2) Robotics, Vision and Control (9 cfu, 2 anno, 2 sem.)
- 3) Controllo dei sistemi meccanici (6 cfu, 1 anno, 2 sem.)
- 4) Automazione industriale (6 cfu, 1 anno, 2 sem.)
- 5) Sistemi ecologici (6 cfu, 1 anno, 2 sem.)
- 6) Advanced topics in control (6 cfu, 2 anno, 2 sem.)

3. Esami a scelta libera: 9 cfu

# Esami per 9 cfu sono *a scelta libera* purché coerenti con il percorso formativo

Le scelte tipiche sono:

- 1) un ulteriore esame fra quelli a scelta vincolata (scelta sempre coerente con il percorso formativo);
- 2) un esame di un manifesto di laurea magistrale dell'area dell'Informazione che non presenti sovrapposizioni significative di programma con altri corsi del piano (scelta sempre coerente con il percorso formativo);
- 3) un esame di lauree magistrali fuori dal DEI (di cui va giustificata la coerenza con il percorso formativo).

# Prova finale (3+18 = 21 cfu)

- Lavoro di TESI: 18 cfu
- Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro (discussione della tesi): 3 cfu

**Totale:** minimo 120 cfu

# IMMATRICOLAZIONI

**Attenzione** agli avvisi di ammissione:

<http://www.unipd.it/avvisi-ammissione-lauree-magistrali-0>

In particolare:

1. **No immatricolazioni alla fine del primo semestre**: chi si laurea a febbraio 2019 dovrà immatricolarsi nel 2019-'20.

2. **Presentazione obbligatoria della domanda di valutazione preventiva** (anche per i laureati in Ingegneria dell'Informazione).

3. **Requisiti**: (i) almeno 84/110

(ii) almeno 20 cfu fra matematica e fisica

(iii) almeno 12 cfu in automatica (ING-INF/04)

(iv) almeno 18 cfu di materie ING-INF

# PREIMMATRICOLAZIONI

## Raccomandazione

Preimmatricolatevi il **prima possibile**, anche se non siete ancora laureati (le preimmatricolazioni sono possibili dal 30 maggio e non richiedono di aver conseguito la laurea).

Bisogna che il numero di preimmatricolati superi le soglie minime di attivazione previste per i corsi magistrali, affinché siano permesse le immatricolazioni.

# Per altre informazioni

## 1. Commissione didattica

- Prof. Augusto Ferrante [augusto@dei.unipd.it](mailto:augusto@dei.unipd.it)
- Prof. Mauro Bisiacco [bisiacco@dei.unipd.it](mailto:bisiacco@dei.unipd.it)
- Prof. Stefano Pinzoni [pinzoni@dei.unipd.it](mailto:pinzoni@dei.unipd.it)

- ## 2. <https://elearning.dei.unipd.it/> → Piani di studio → Ingegneria dell'Automazione (LM)

- ## 3. Slide presentazione della L.M. in Ingegneria dell'Automazione a.a. 2018-'19 del 29/5/2018:

<http://automatica.dei.unipd.it/teaching.html>

# *Tematiche di ricerca*

*Ruggero Carli*

# Teoria vs applicazioni

**Definition 1 (Projection error)** Given a vector  $y \in \mathbb{R}^\mu$  and a projection operator  $P_U(\bullet)$  the projection error of  $y$  onto the space  $\mathcal{U}$  is defined as

$$e_U(y) = y - P_U(y)$$

and the

**Theorem 1 (Economy Size SVD Decomposition)** Given a matrix  $Y \in \mathbb{R}^{\mu \times \nu}$ , with  $\mu \geq \nu$ , there exist:

- a column-orthogonal matrix  $U = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_\nu]$ ,
- a diagonal matrix  $S = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_\nu)$  with  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_\nu \geq 0$ ,
- an orthogonal matrix  $V = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_\nu]$ ,

such that

$$Y = U \cdot S \cdot V^T. \quad (1)$$

Matrix

Vector

Vector

Vector or Matrix

Vector

$$\mathbf{x}'(t) = \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t)$$

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t)$$

s. (10) and (13) and since the factorization in Eq. holds, we can compute  $C$  and  $G$  as follows:

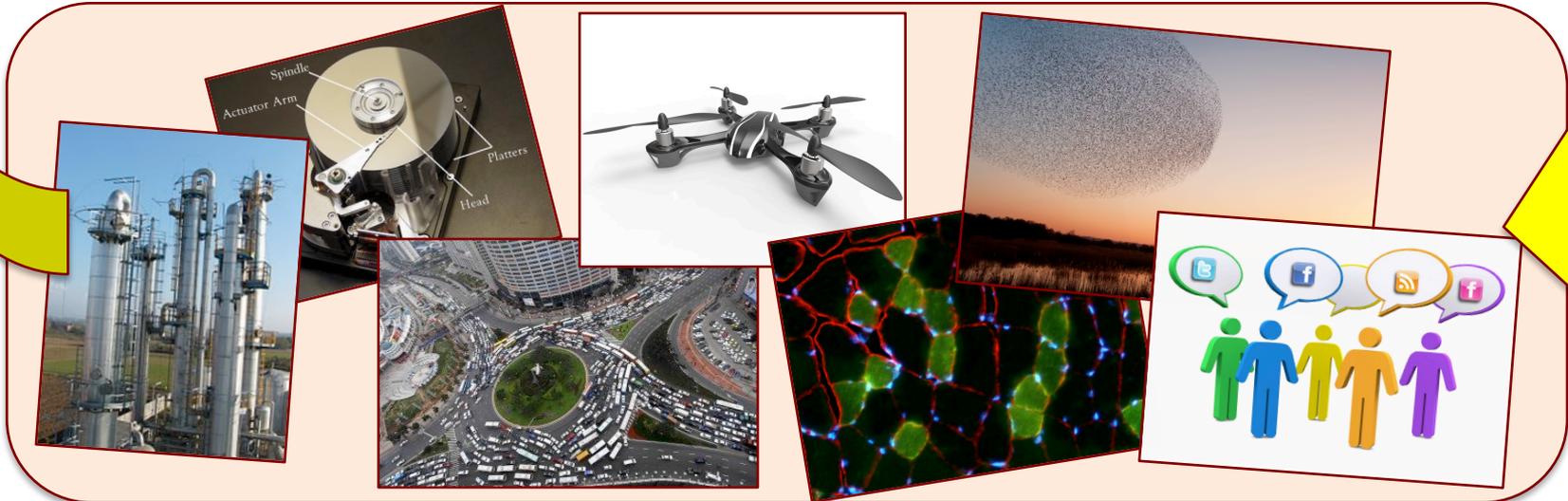
$$\begin{cases} C \approx \rho_1(H)L^{-T}V_{\bar{n}}S_{\bar{n}}^{-1/2} \\ G \approx (\rho_1(H^T)L^{-T}U_{\bar{n}}S_{\bar{n}}^{-1/2})^T \end{cases} \quad (14)$$

(\*) operator selects the first  $m$  rows of a matrix

let  $\sigma(\cdot)$  be the shift operator that, when applied to the Hankel matrix  $H$ , yields

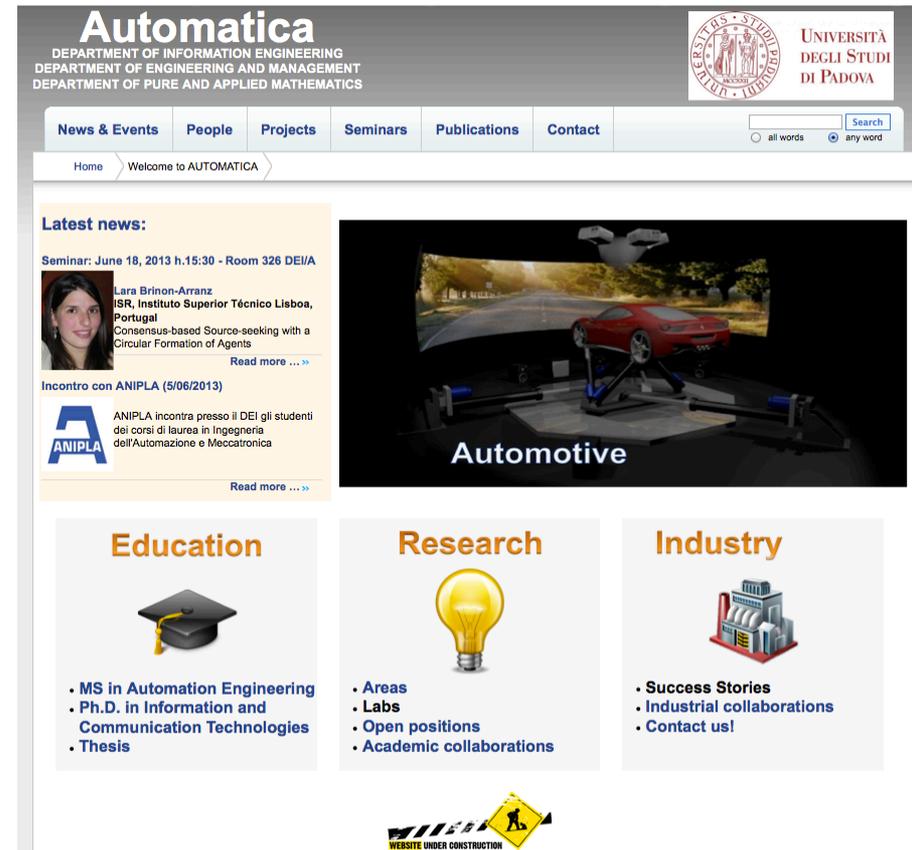
$$\sigma(H) = \begin{bmatrix} \Lambda_2 & \Lambda_3 & \dots & \Lambda_{p+1} \\ \Lambda_3 & \Lambda_4 & \dots & \Lambda_{p+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Lambda_{p+1} & \Lambda_{p+2} & \dots & \Lambda_{2p} \end{bmatrix}$$

**Dall'applicazione ... alla teoria e ... ritorno!**



# Tematiche di Ricerca

- ❑ Networked Control Systems
- ❑ Camera Networks
- ❑ Smart Grids
- ❑ Boolean Control Networks
- ❑ Industrial Communication Systems
- ❑ Robotics and Mechatronics
- ❑ Switched Systems Under Positivity Constraints
- ❑ Machine Learning and System Identification
- ❑ Quantum Control and Information
- ❑ Advanced Control Applications



**Automatica**  
 DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING  
 DEPARTMENT OF ENGINEERING AND MANAGEMENT  
 DEPARTMENT OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

News & Events | People | Projects | Seminars | Publications | Contact

Home > Welcome to AUTOMATICA

**Latest news:**

Seminar: June 18, 2013 h.15:30 - Room 326 DEI/A

 Lara Brinon-Arranz  
 ISR, Instituto Superior Técnico Lisboa, Portugal  
 Consensus-based Source-seeking with a Circular Formation of Agents  
[Read more ... >>](#)

Incontro con ANIPLA (5/06/2013)

 ANIPLA incontra presso il DEI gli studenti dei corsi di laurea in Ingegneria dell'Automazione e Meccatronica  
[Read more ... >>](#)

**Automotive**

**Education**



- MS in Automation Engineering
- Ph.D. in Information and Communication Technologies
- Thesis

**Research**



- Areas
- Labs
- Open positions
- Academic collaborations

**Industry**



- Success Stories
- Industrial collaborations
- Contact us!



<http://automatica.dei.unipd.it/>

# People



A. Beghi



M. Bisiacco



R. Carli



A. Cenedese



A. Chiuso



A. Ferrante



E. Fornasini



G. Picci



G. Pillonetto



S. Pinzoni



L. Schenato



G.A. Susto



F. Ticozzi



M.E. Valcher



S. Vitturi



S. Zampieri



M. Zorzi

# People



## PH.D. STUDENTS

	<b>Advisor</b>	<b>Subject</b>
<b>Baggio Giacomo</b>	A. Ferrante	TBD
<b>Nicoletta Bof</b>	E. Fornasini	Boolean Control Networks
<b>Andrea Carron</b>	L. Schenato	Distributed optimization for robotic networks
<b>Guido Cavraro</b>	S. Zampieri	Smart power grids
<b>Chen Yutao</b>	A. Beghi	
<b>Davide Cuccato</b>	A. Beghi	Modeling, estimation and control of high performance laser gyroscopes
<b>Chiara Favaretto</b>	A. Cenedese	Synchronization pattern emergence in multiagent networks
<b>Michele Luvisotto</b>	S. Vitturi	Real-time scheduling techniques over wireless networks
<b>Luca Mazzarella</b>	F. Ticozzi	Quantum and Networked Control
<b>Giulia Michieletto</b>	A. Cenedese	Localization of cyber-physical systems in noisy and faulty environments
<b>Giulia Prando</b>	A. Chiuso	System Identification and Machine Learning
<b>Diego Romeres</b>	A. Chiuso	System Identification and Machine Learning
<b>Francesco Simmini</b>	A. Beghi	Modeling, estimation and control of HVAC&R systems
<b>Marco Todescato</b>	R. Carli	Distributed optimization for smart micro grids
<b>Irene Zorzan</b>	M.E. Valcher	Switched Positive Systems

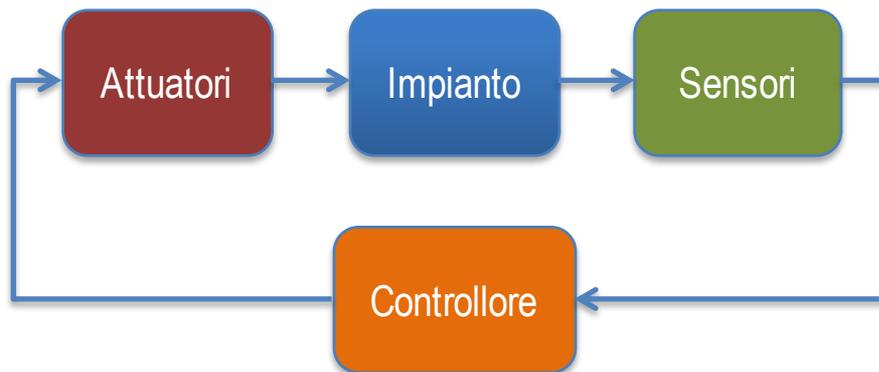
## POST-DOCS & COLLABORATORS

	<b>Advisor</b>	<b>Subject</b>
<b>Riccardo Antonello</b>	R. Oboe	
<b>Ingrid Blumthaler</b>	M.E. Valcher-M. Bisiacco	Behavioral Approach and Consensus Problems
<b>Mattia Bruschetta</b>	A. Beghi	Motion-cuing algorithms for driving simulators
<b>Simone del Favero</b>	C. Cobelli	
<b>Fabio Maran</b>	A. Beghi	Motion-cuing algorithms for driving simulators
<b>Andrea Masiero</b>	A. Beghi-A. Cenedese	Modeling, estimation and control of adaptive optics systems
<b>Marco Michielan</b>	A. Cenedese	Network traffic control & smart city applications
<b>Mirco Rampazzo</b>	A. Beghi	Modeling, estimation and control of HVAC&R systems
<b>Martin Scheicher</b>	M.E. Valcher-M. Bisiacco	Multidimensional Systems and Behavioral Approach
<b>Federico Tramarin</b>	S. Vitturi	Industrial Communication Systems
<b>Gian Antonio Susto</b>	A. Beghi	Machine Learning for Manufacturing



# Networked Control Systems (NCSs)

## Architettura classica centralizzata



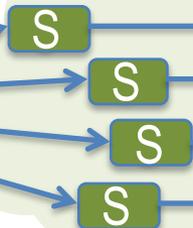
### Rete di attuatori

Cooperation  
Coordination  
Autonomy  
Robustness



### Rete di sensori

Data fusion  
Redundancy  
Self-healing  
Clustering



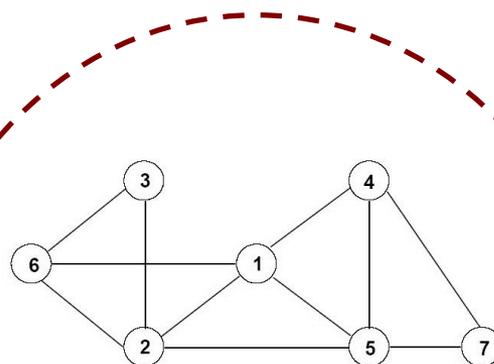
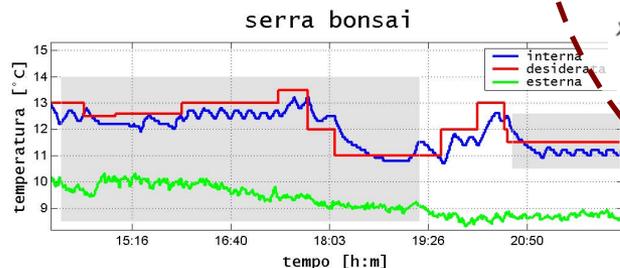
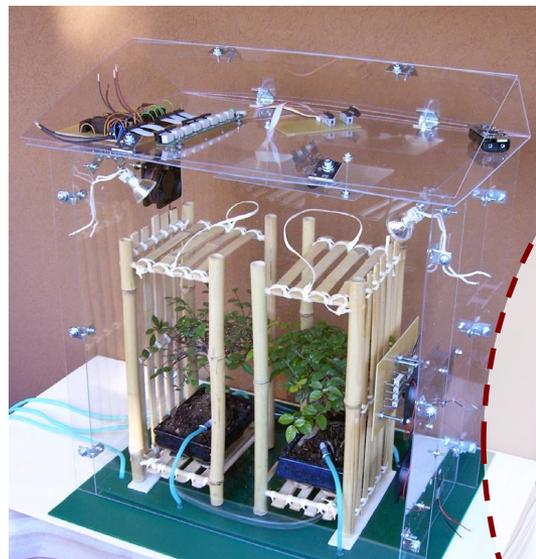
Connectivity  
Limited bandwidth  
Congestion  
Rete di comunicazione  
Interference  
Packet loss  
Delays



# Smart house and Wireless Sensor Networks

## Hot topics:

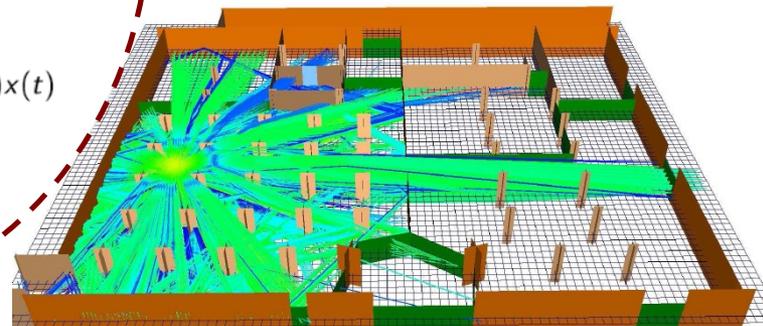
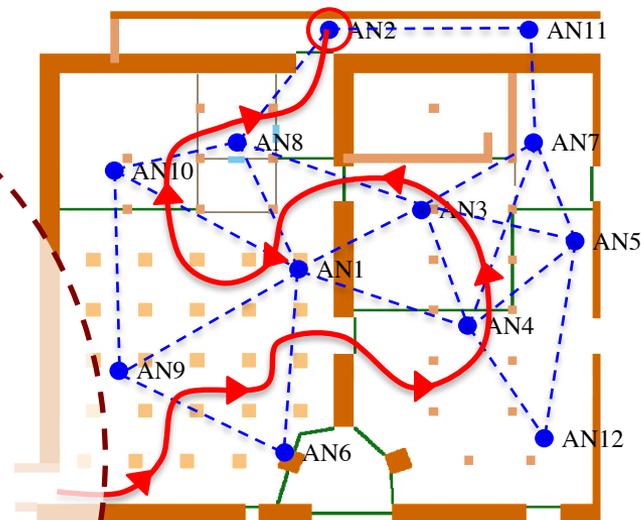
- Reti multiagente multiobiettivo a risorse limitate per *indoor monitoring* e *smart domotics*
- Posizionamento ottimo di sensori
- Metodologie e algoritmi robusti per localizzazione e tracking



$$x_i(t+1) = p_{ii}x_i(t) + \sum_{j \in \mathcal{N}(i)} p_{ij}x_j(t)$$

$$x(t) = \begin{bmatrix} x_1(t) \\ \vdots \\ x_N(t) \end{bmatrix}$$

$$x(t+1) = P(t)x(t)$$

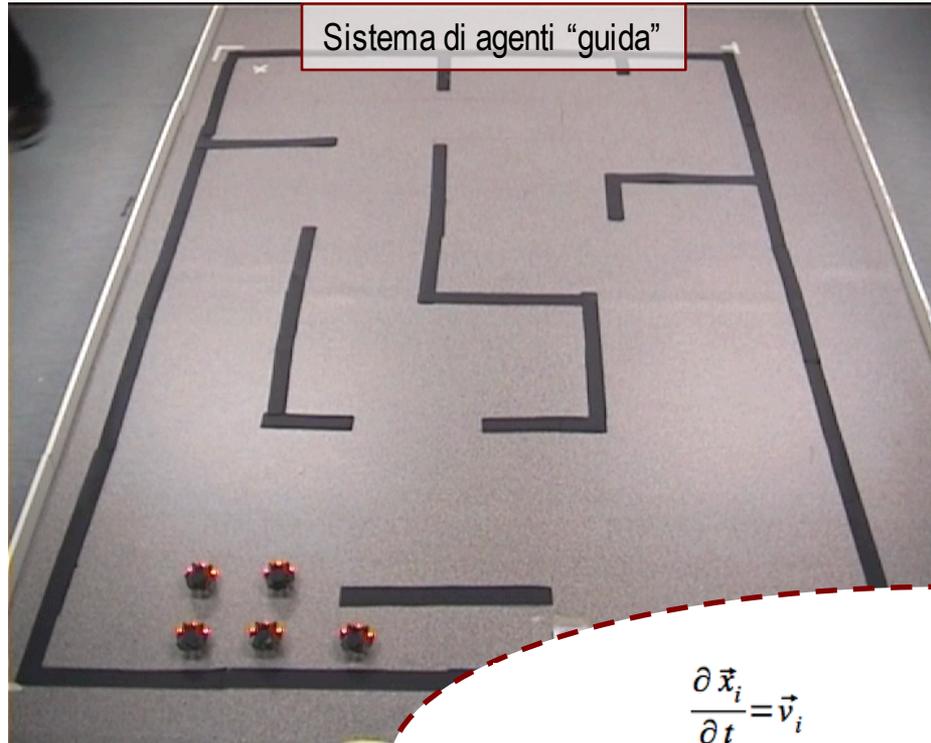


# Cooperative robotics

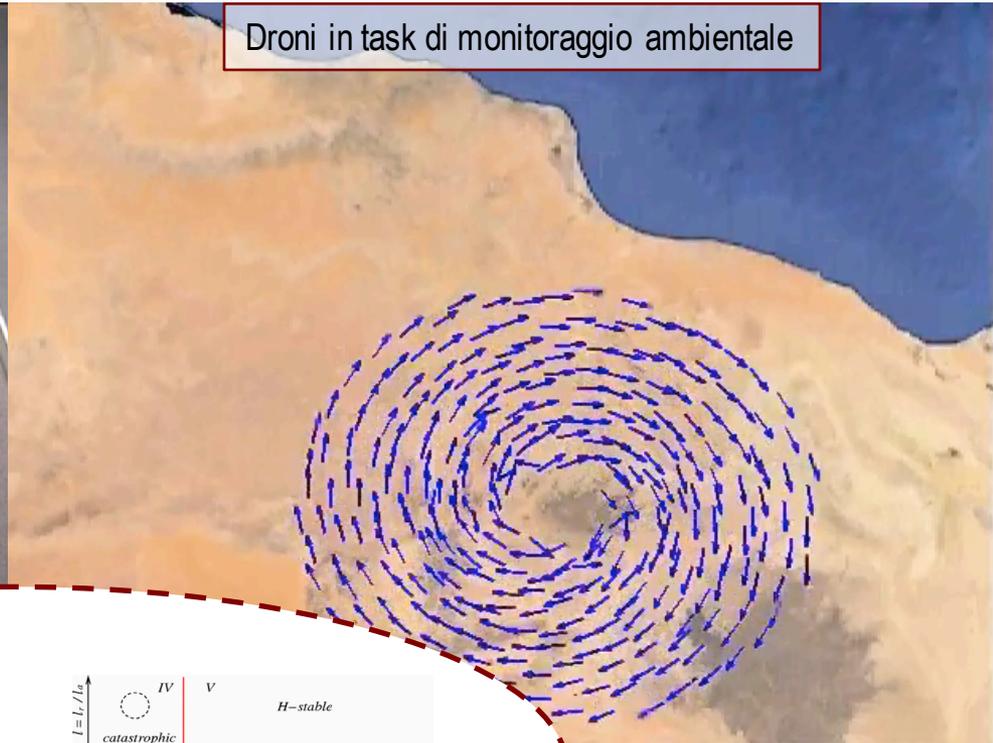
## Hot topics:

- ❑ Protocolli di comunicazione asincroni e algoritmi di coordinazione in *sensor/actor networks* (SAN)
- ❑ Suddivisione territoriale ottima e dinamica, *Simultaneous Localization And Mapping* (SLAM)

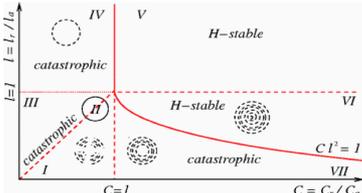
Sistema di agenti "guida"



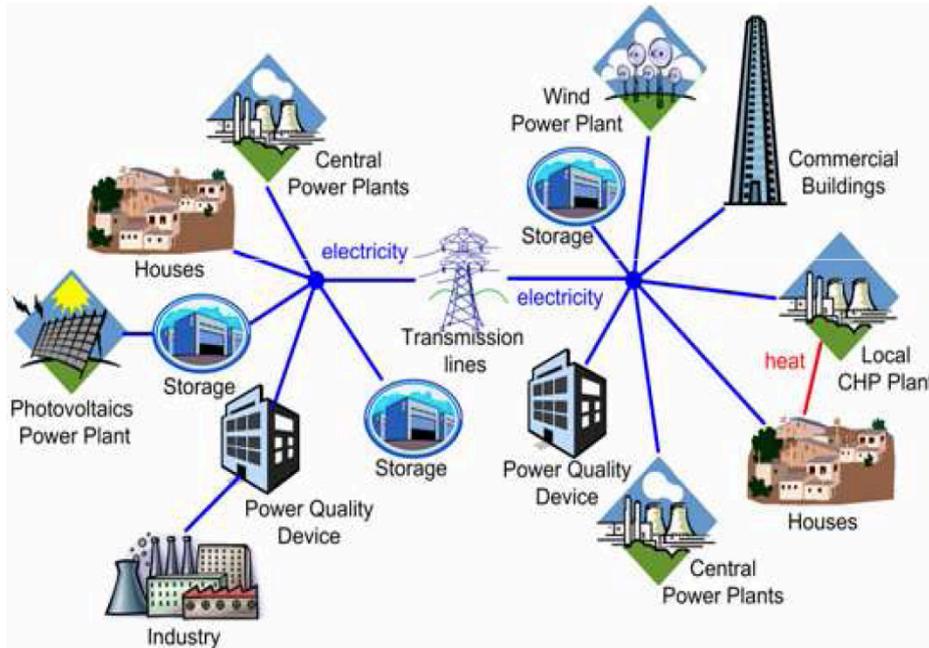
Droni in task di monitoraggio ambientale



$$\frac{\partial \vec{x}_i}{\partial t} = \vec{v}_i$$

$$m \frac{\partial \vec{v}_i}{\partial t} = (\alpha - \beta |\vec{v}_i|^2) \vec{v}_i - \vec{\nabla}_i (U(\vec{x}_i))$$


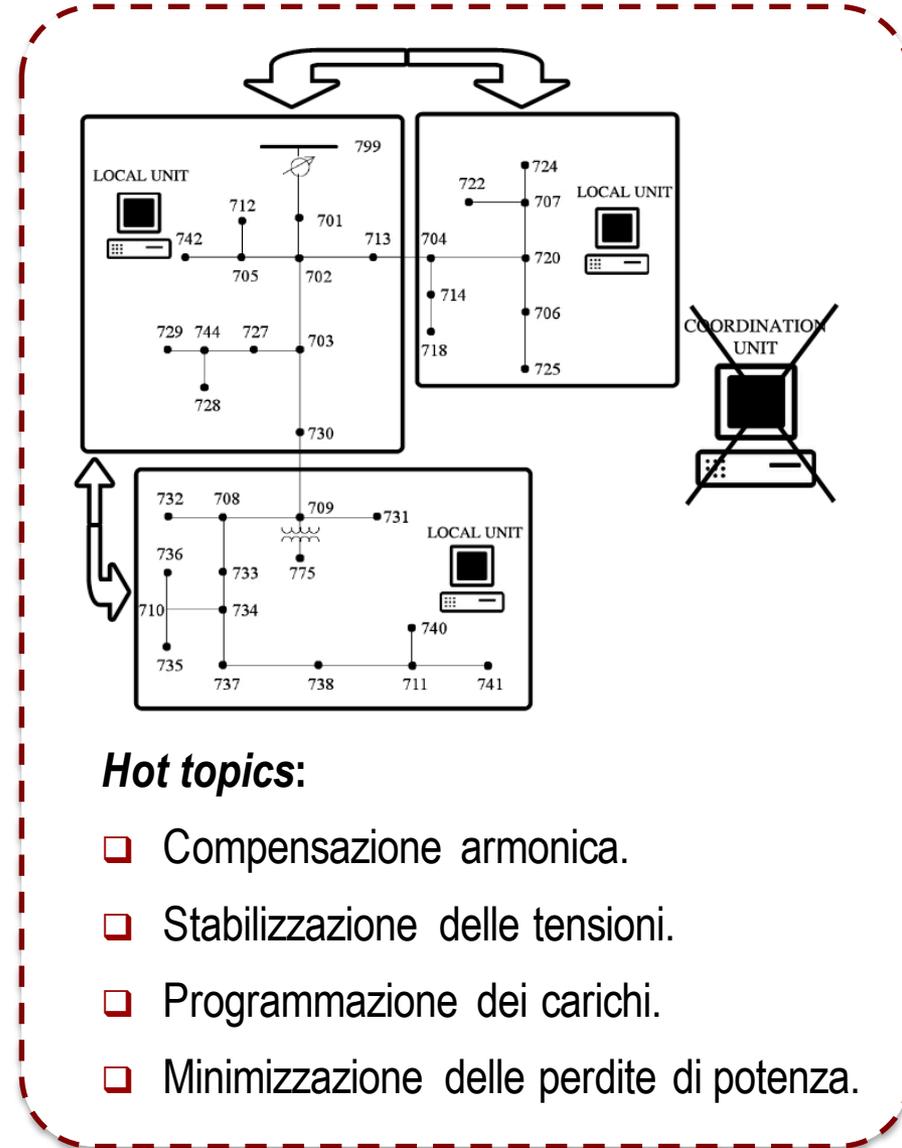
# Smart Power Grids



*“Produco ciò che consumi...”*



*“Consumi ciò che produci...”*



### Hot topics:

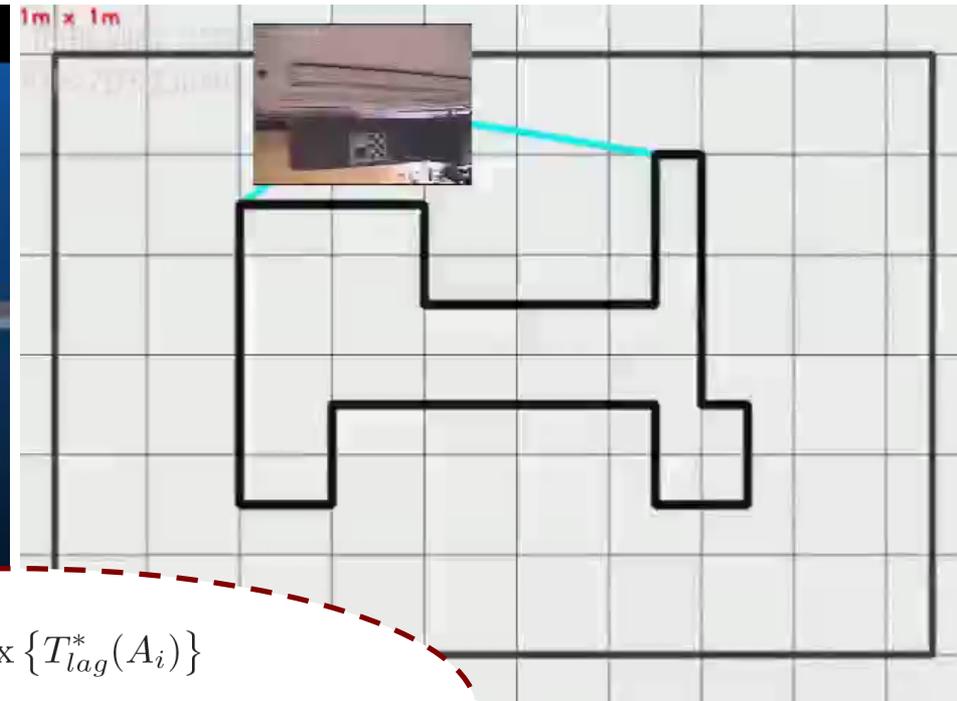
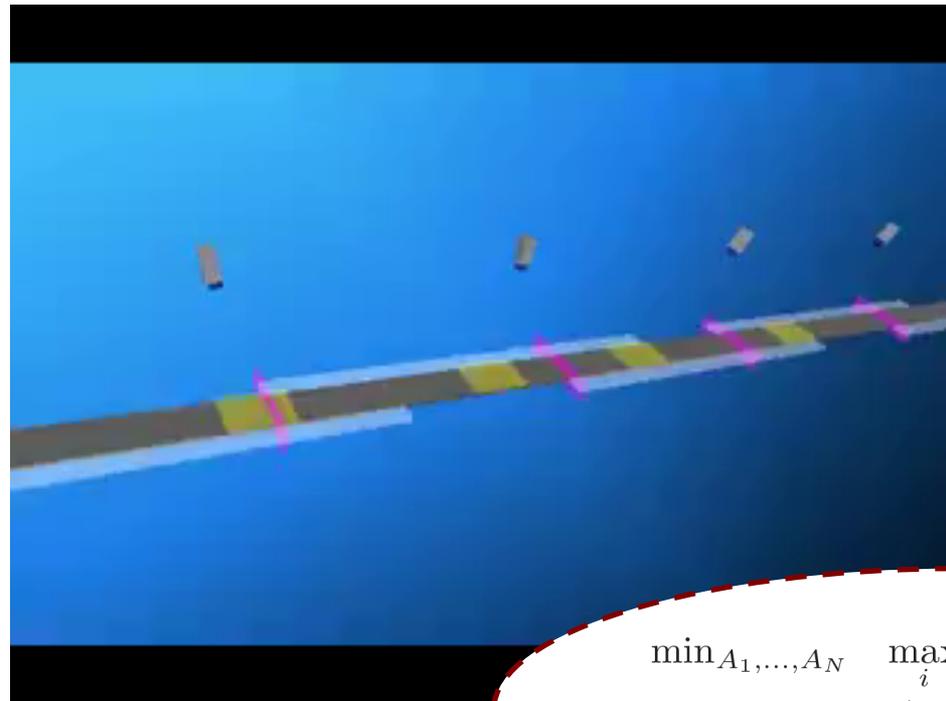
- Compensazione armonica.
- Stabilizzazione delle tensioni.
- Programmazione dei carichi.
- Minimizzazione delle perdite di potenza.

## Sparse camera networks: videosurveillance

### Hot topics:

Pattugliamento (patrolling) e inseguimento (tracking): mix di videocamere fisse e di videocamere mobili PTZ

- ❑ negoziano fra di loro e suddividono il perimetro in modo equo (patrolling) convergendo a un equilibrio
- ❑ si coordinano per il passaggio dell'obiettivo (tracking) tra vicini, in modo da non perderlo mai
- ❑ “coprono” con il patrolling le aree lasciate scoperte da chi sta facendo tracking o è momentaneamente offline

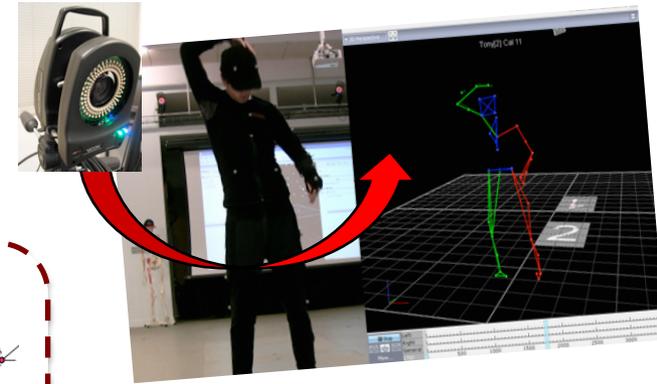


$$\begin{aligned}
 \min_{A_1, \dots, A_N} \quad & \max_i \{T_{lag}^*(A_i)\} \\
 \text{s.t.} \quad & A_i \subseteq D_i \quad i = 1, \dots, N \\
 & \cup_{i=1}^N A_i = \mathcal{L}
 \end{aligned}$$

# Dense camera networks: motion capture

## Hot topics:

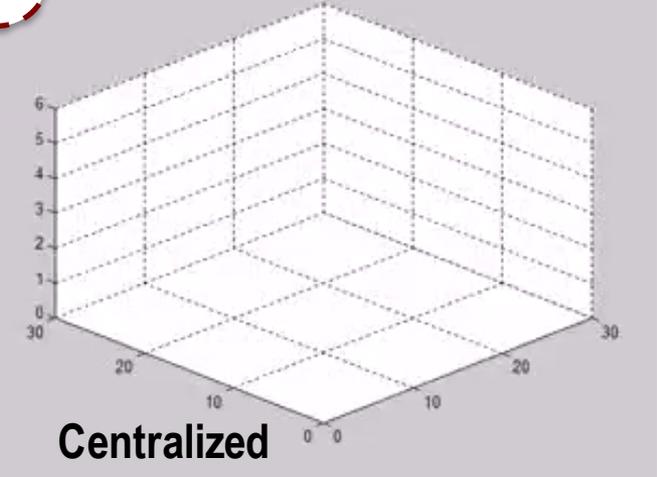
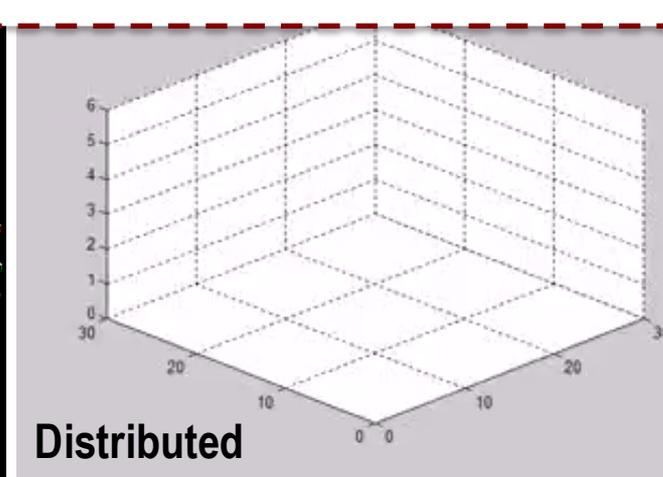
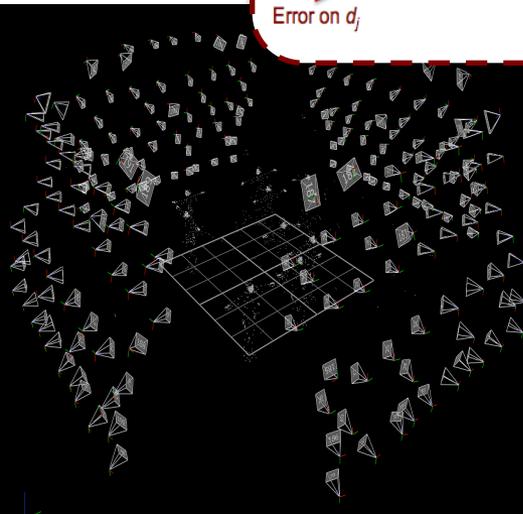
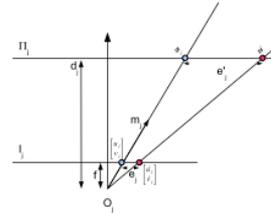
- Metodologie distribuite per ricostruzione 3D in large scale scenarios
- Stima dell'errore di ricostruzione



Consider a target reconstructed by a set of  $m$  cameras: the information about the target position provided by one camera can be modeled as:

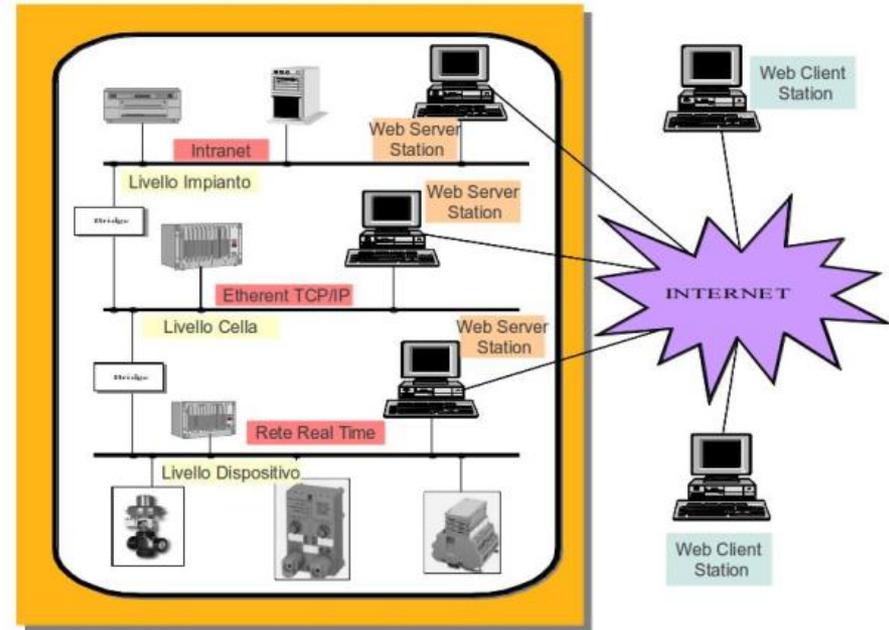
$$\hat{\phi}_j \sim \mathcal{N}(\phi, \Sigma_j(\phi))$$

$$\Sigma_j = \underbrace{\gamma \psi_j \psi_j^T}_{\text{Error on } d_j} + \underbrace{\sigma_e^2 d_j^2 \bar{\Psi}_j \bar{\Psi}_j^T}_{\text{Error on } u_j, v_j} \approx \begin{bmatrix} \psi_j & \Psi_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_1 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_j^T \\ \Psi_j^T \end{bmatrix}$$



# Sistemi di Automazione Industriale

- ❑ I moderni sistemi di automazione industriale usano reti di comunicazione a tutti i livelli della produzione
  - Livello di Dispositivo: Reti real-time (Bus di campo e Reti Real-Time Ethernet)
  - Livello di Cella: Reti Ethernet TCP/IP
  - Livello di Impianto: Reti Intranet

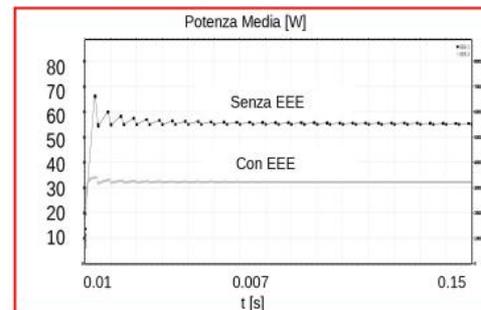


## Hot topics:

- ❑ Reti di comunicazione Industriali Real-Time (cablate, wireless, ibride): Analisi/Progetto/Implementazione
- ❑ Efficienza Energetica per reti Real-Time Ethernet (Energy Efficient Ethernet, EEE): standard internazionale per l'efficienza energetica di reti Ethernet

### Introduzione di una tecnica EEE

- Risparmio sul consumo energetico della rete di circa il 50%
- Nessun impatto sulle prestazioni della rete

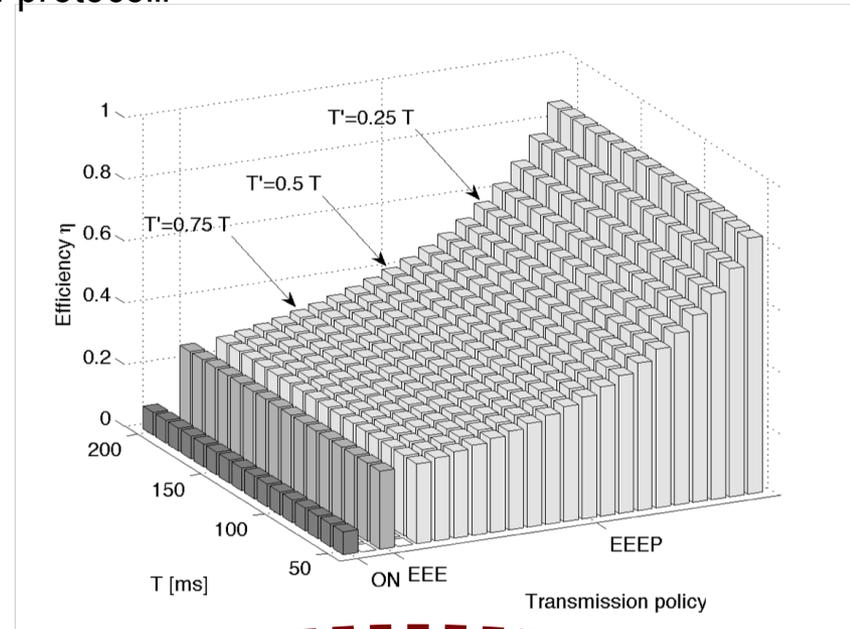
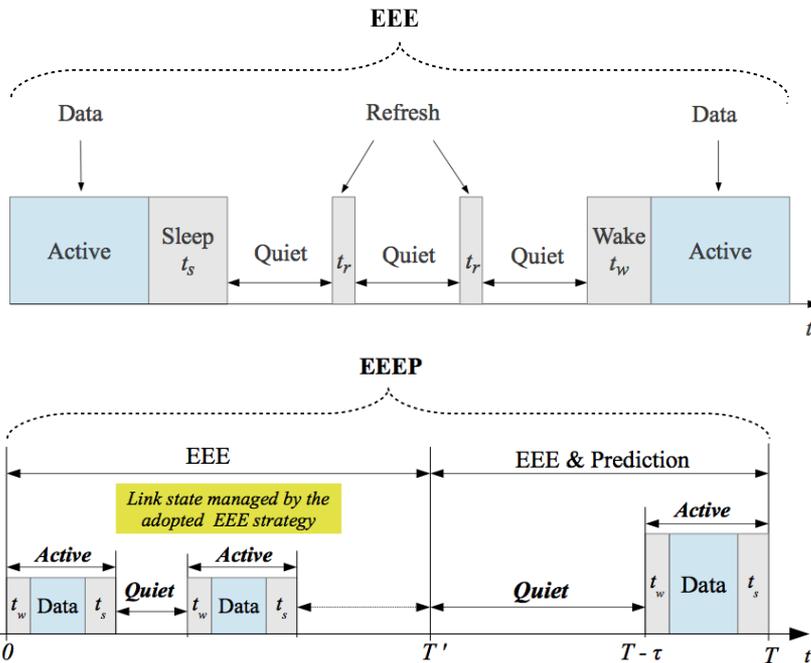




# Controllo e “shaping” del traffico su rete

## Hot topics:

- ❑ Tecniche di *traffic shaping* basate su modelli predittivi per incrementare l'efficienza di trasmissione dati
- ❑ Studio dei trade-off di performance per la definizione dei protocolli

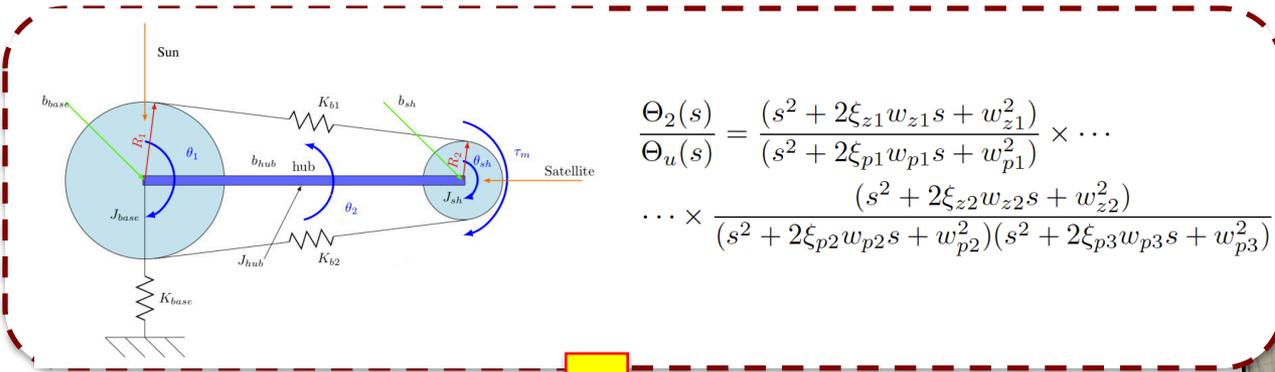


**Corollary 1 (Efficiency bounds).** Consider Always-On, EEE, and EEEP, in the single window analysis: only  $\eta_{ON}$  can reach unitary efficiency (when  $\bar{N}\bar{T}_{pack} = T_B$ ), while  $\eta_{EEE}$  and  $\eta_{EEEP}$  are strictly below unity:

$$\eta_{EEE} \leq 1 - \frac{T_{trans}}{T_B} \quad (34)$$

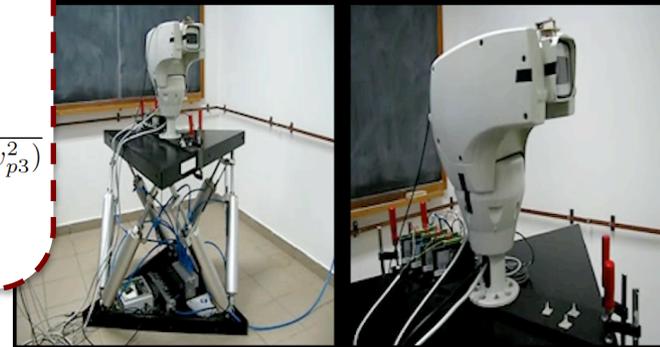
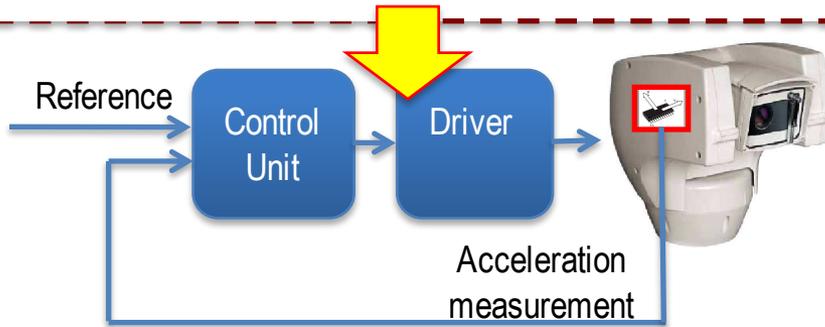
$$\eta_{EEEP} \leq 1 - \frac{T_{trans}}{T_B} \kappa. \quad (35)$$

# Mechatronic systems: vibration mitigation and position control

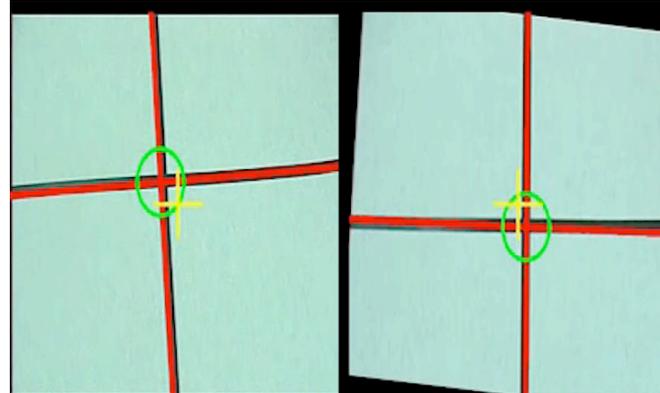


$$\frac{\Theta_2(s)}{\Theta_u(s)} = \frac{(s^2 + 2\xi_{z1}w_{z1}s + w_{z1}^2)}{(s^2 + 2\xi_{p1}w_{p1}s + w_{p1}^2)} \times \dots$$

$$\dots \times \frac{(s^2 + 2\xi_{z2}w_{z2}s + w_{z2}^2)}{(s^2 + 2\xi_{p2}w_{p2}s + w_{p2}^2)(s^2 + 2\xi_{p3}w_{p3}s + w_{p3}^2)}$$

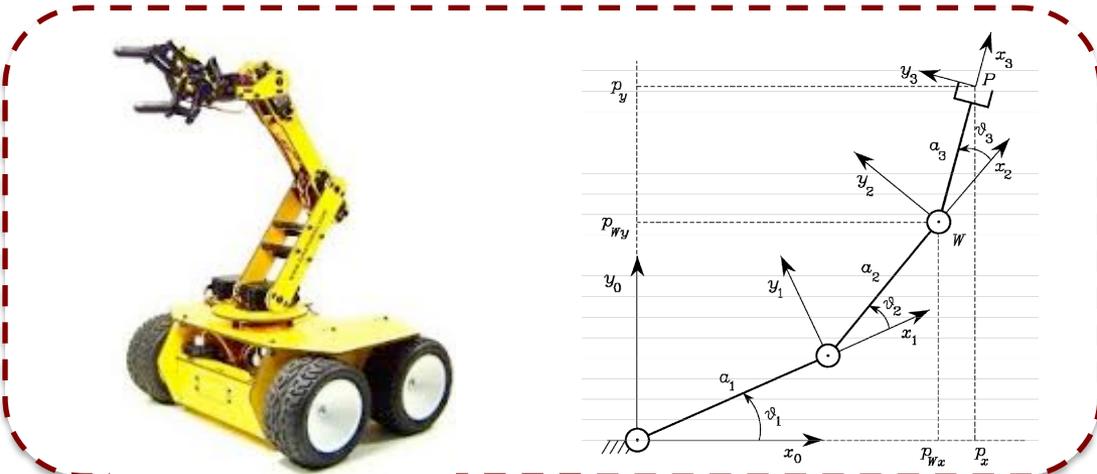


Insieme piattaforma più brandeggio con profilo di movimento onduoso

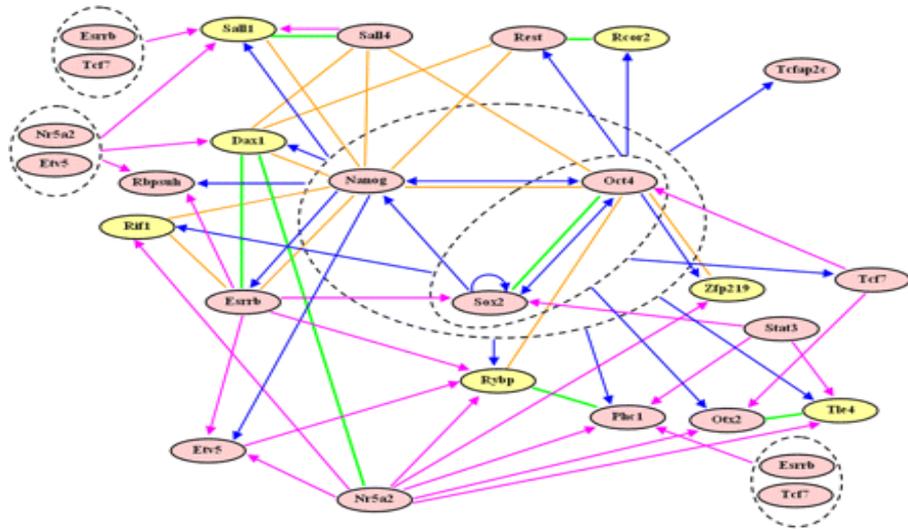


Movimento non compensato

Movimento compensato



# Gene Regulation Networks



I geni presentano due stati: attivo (espresso) e inattivo (non espresso).

Lo stato di un gene viene tipicamente determinato sulla base dello stato di altri geni attraverso funzioni logiche.

A gene regulatory network in mouse embryonic stem cells (PNAS 2007)



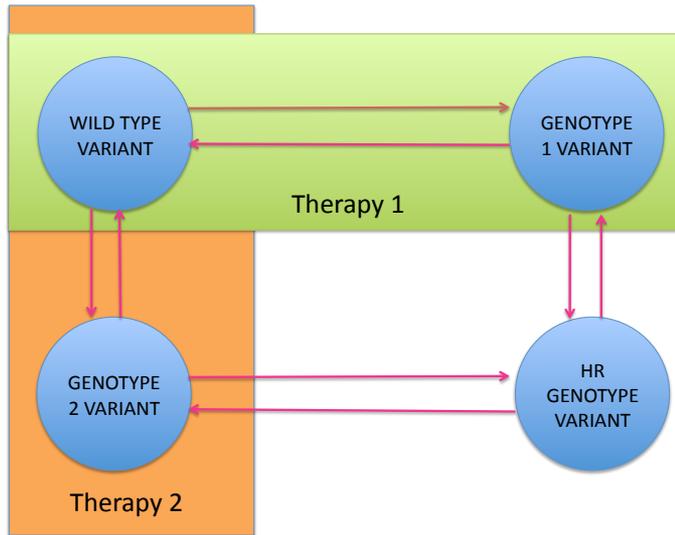
Il funzionamento delle reti genetiche viene ben modellato attraverso una **Boolean Control Network**:

$$X(t + 1) = F(X(t), U(t))$$

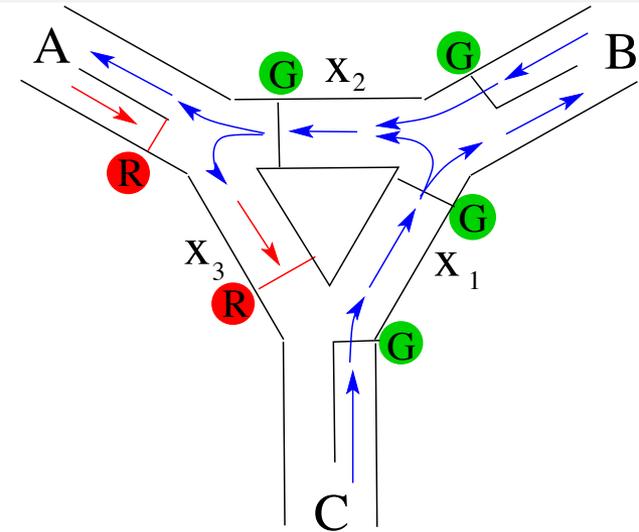
$$Y(t) = H(X(t))$$

$X(t), U(t), Y(t)$  vettori Booleani

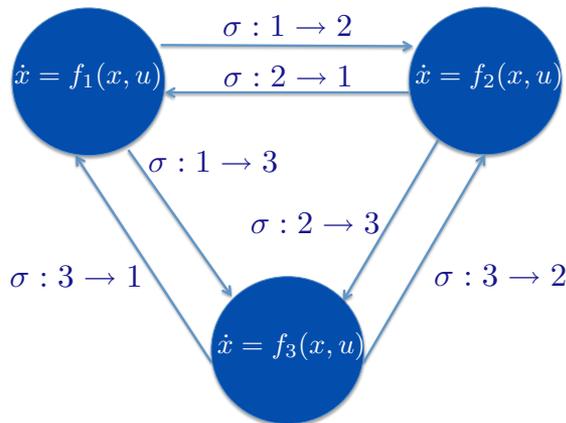
# Sistemi positivi switched



Alternanza di terapie antiretrovirali per il controllo dell'HIV



Traffico ad un semaforo a tre turni



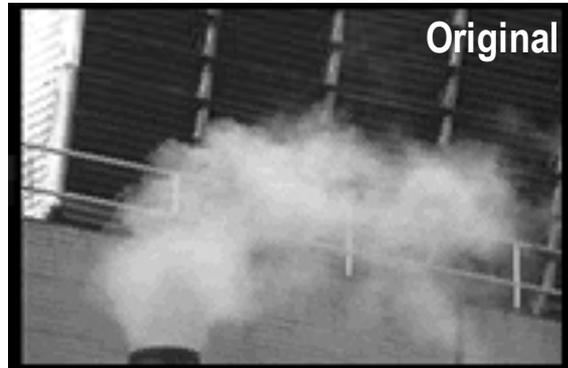
Molti sistemi fisici presentano differenti modalità di funzionamento e vengono descritti da una famiglia di modelli (uno per modalità).

Se le grandezze in gioco sono positive (concentrazioni di virus, numero auto in coda...)

**➔ SISTEMI POSITIVI SWITCHED**

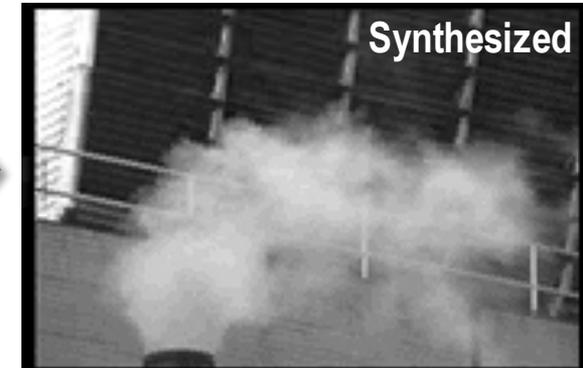
# Identification, estimation and synthesis

## Computer Vision



$$+ \begin{cases} s(t+1) = As(t) + Bw(t) \\ I(t) = Cs(t) \end{cases} \rightarrow$$

Modello "Identificato"

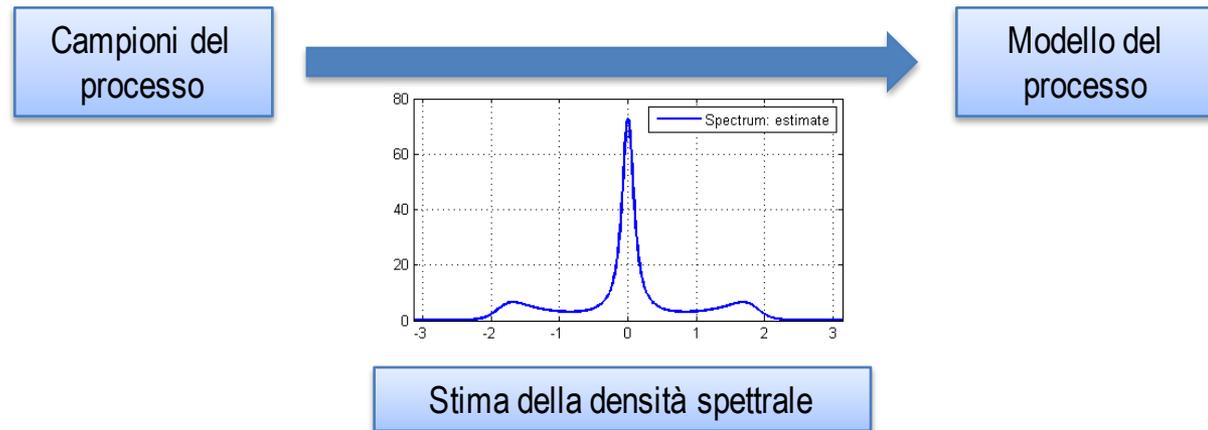


## Speech processing

### Speech recognition: who & what

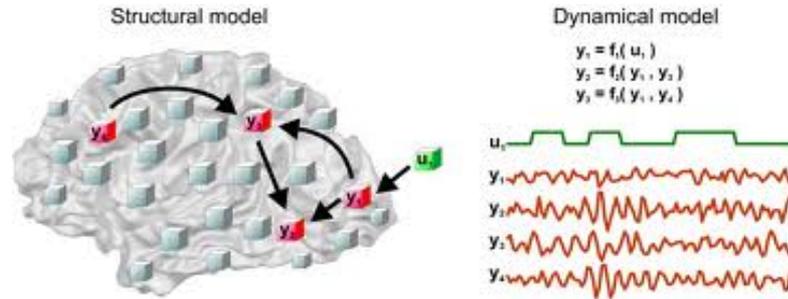


### High resolution spectral estimation

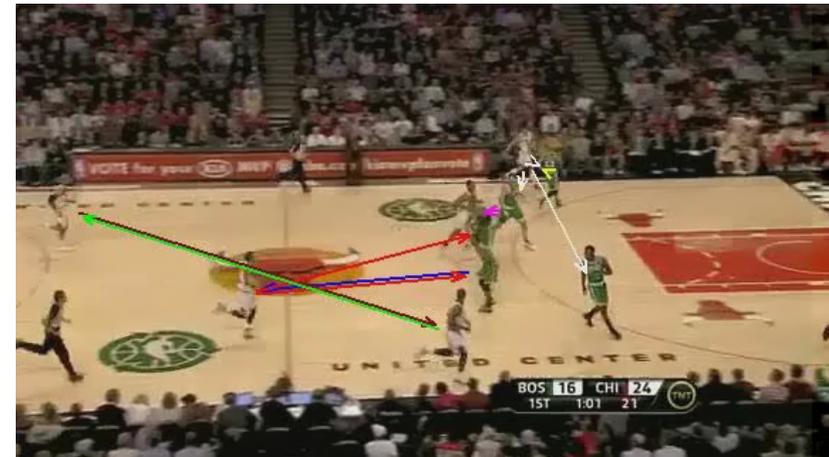
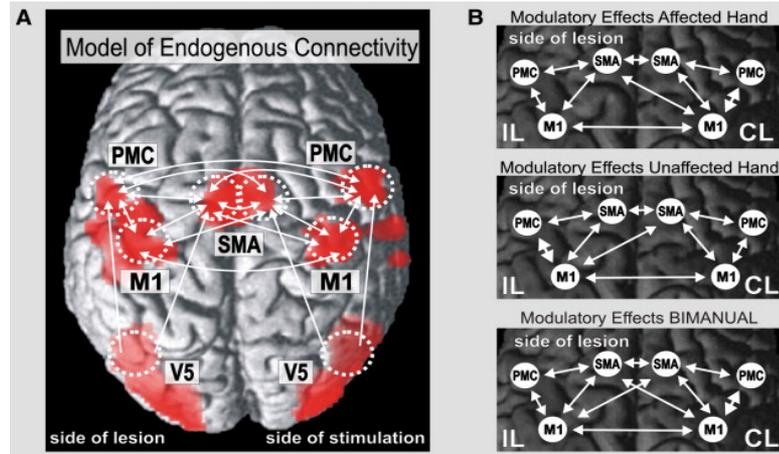


# Dynamic structure modeling and Machine Learning

## Effective Connectivity



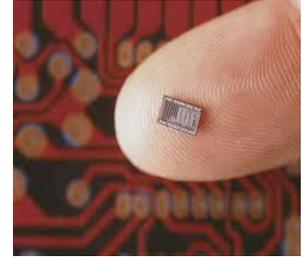
## Dynamic relations (who influences/is influenced by who)



## L'avvento di una nuova generazione di tecnologie

### Miniaturizzazione delle tecnologie fino a poche molecole:

effetti quantistici non più trascurabili;



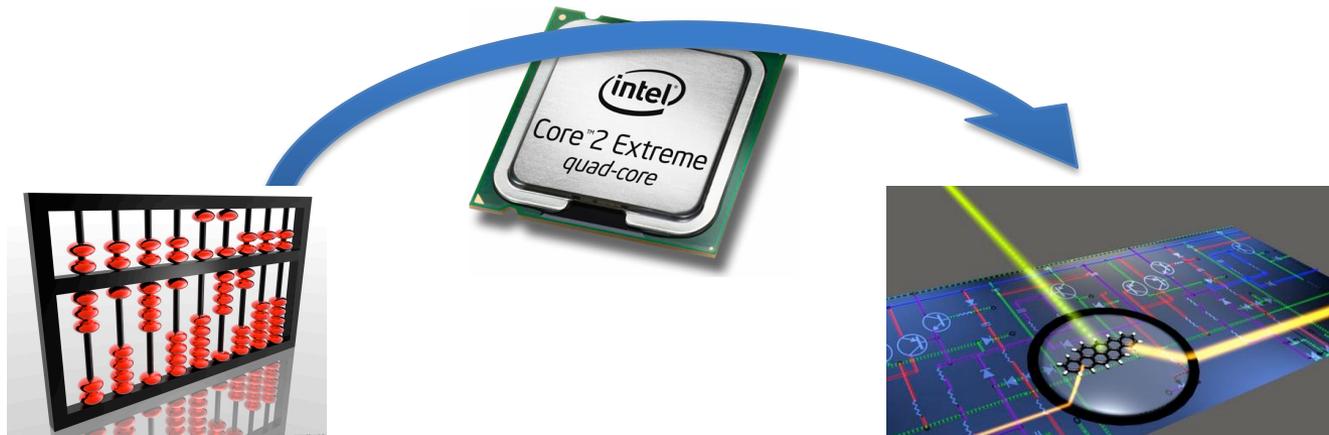
### Vantaggi delle tecnologie quantistiche:

Supporto fisico diverso: anche la computazione segue regole diverse, e offre vantaggi!

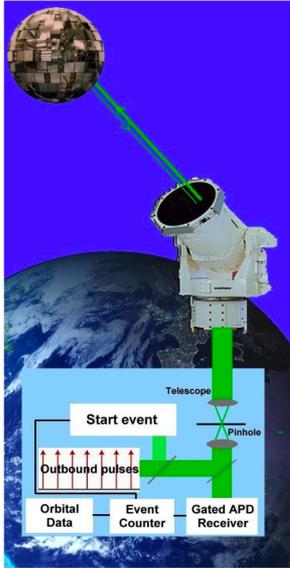
Algoritmi per simulazione, fattorizzazione e ricerca più veloci

Crittografia può essere resa intrinsecamente sicura

La *Quantum Information* si sta sviluppando: **nuove sfide per l'ingegnere del controllo!**

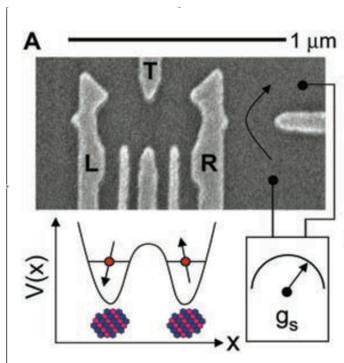


## Argomenti di ricerca nel gruppo



- **Controllo e protezione dal rumore:** Utilizzo di metodi dell'automazione per sviluppare approcci sistematici nella manipolazione di modelli realistici di sistemi quantistici. In particolare il *quantum feedback* è promettente, ma richiede nuovi metodi: la misura *disturba* il sistema!

- **Stima di stati e modelli quantistici:** Nel mondo *quantum* questi problemi sono cruciali, in quanto una misura non è sufficiente a determinare (e.g.) lo stato. Si sviluppano e confrontano metodi per la ricostruzione di stati e sistemi dai dati, in presenza di *prior* e rumore.

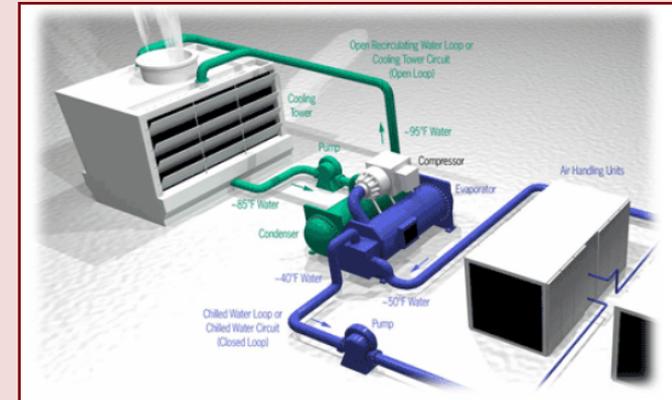


- **Codifica e comunicazione quantistica:** Il gruppo è parte del progetto strategico *QuantumFuture*, in cui si mira allo sviluppo teorico e sperimentale di protocolli di comunicazione quantistica, crittografia, generazione di numeri casuali, e applicazioni spaziali.

## Collaborazioni con partner industriali e istituti di ricerca

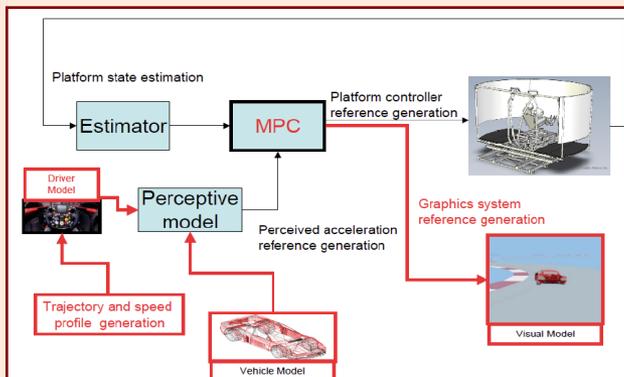
### Modellistica e controllo di sistemi HVAC&R:

- Derivazione di modelli dinamici multifisici di componenti ed impianti
- Rilevazione di guasti a partire da grandi moli di dati
- Ottimizzazione e controllo predittivo di impianti con accumulo termico
- Algoritmi di controllo data driven



### Modellistica e controllo di veicoli:

- Motion Cueing per simulatori dinamici
- Algoritmi di guida per veicoli virtuali

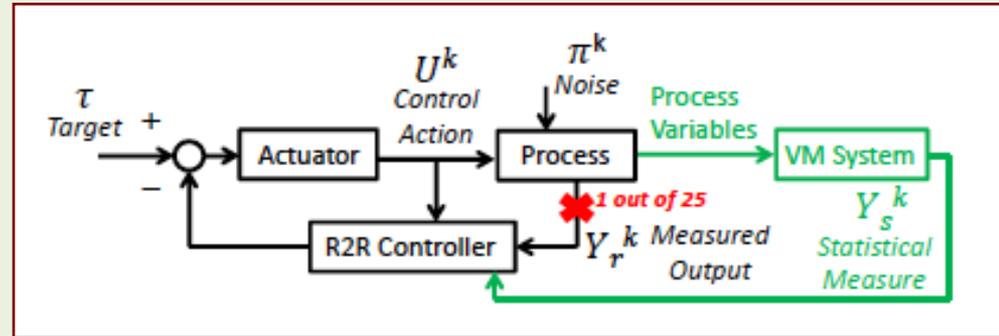




## Collaborazioni con partner industriali e istituti di ricerca

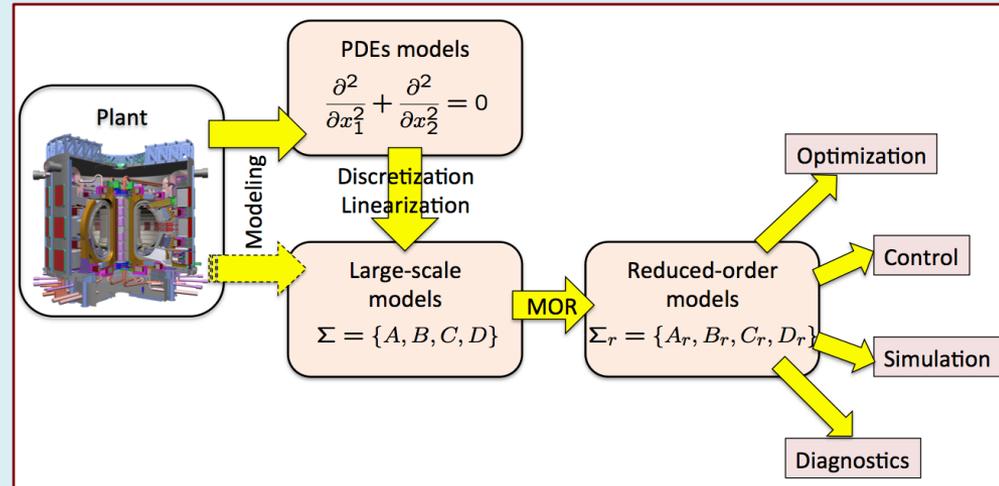
### Controllo di processo (Infineon,ST,Intel):

- Virtual Metrology nell'industria di processo
- Integrazione di misure da soft sensors e controllo Run-to-Run
- Algoritmi per la classificazione dei guasti e la manutenzione predittiva



### Macchine tokamak da fusione nucleare:

- Creazione di una “gabbia” magnetica per il confinamento di plasma
- Stima e controllo real-time dei parametri di plasma
- Ottimizzazione della scelta/posizione dei sensori



## Collaborazioni con partner industriali e istituti di ricerca

### Large Ring Laser Gyroscopes (INFN):

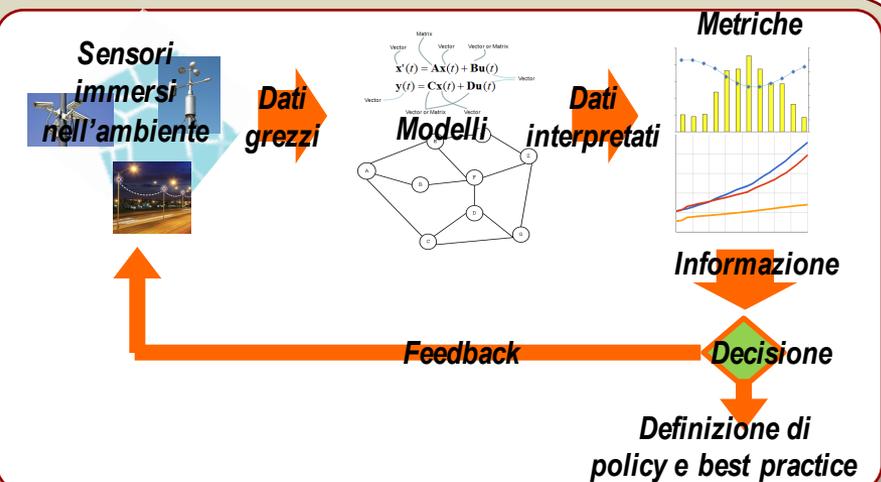
- Misure angolari di elevatissima precisione
- Applicazioni in fisica (relatività generale), geodesia, sismologia ...
- Modellistica del sistema e filtraggio del segnale
- Ottimizzazione e controllo attivo della geometria dello strumento



G-GranSasso

### Modelli e strategie per la Smart City (Minis. Sviluppo):

- Identificazione di modelli da serie temporali
- Definizione di strategie di controllo per *smart services*
- Stima di grandezze da sensoristica distribuita ed eterogenea



## NAVLAB & MAG<sup>2</sup>IC

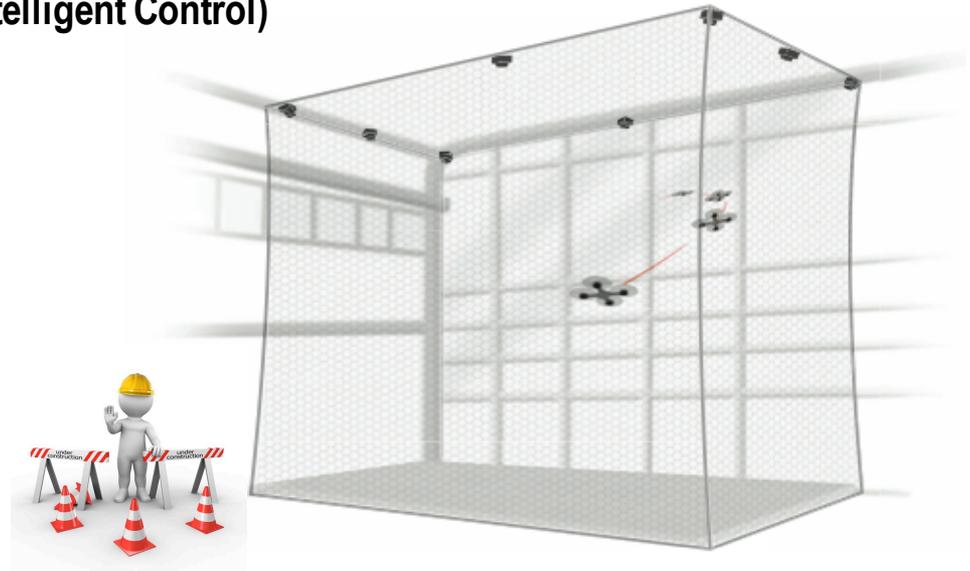
### NavLab (Autonomous Navigation and Computational Vision Laboratory)

- Reti di sensori
- Reti di videocamere PTZ – TOF
- Reti robotiche



### MAG<sup>2</sup>IC (Multi AGent & Motion Analysis and Gait Intelligent Control)

- Laboratorio di ricerca interdisciplinare
- HighSpeed Motion Capture system
- Flying arena



# Collaborazioni



California State University  
**Northridge**



**Carnegie Mellon University**



**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



**서울대학교**  
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY



# Dietro a tutto questo...

$$i_1 = I \cos(\theta_{ur}) = I \cos(N_r/N_G \omega_t t)$$

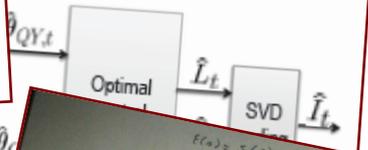
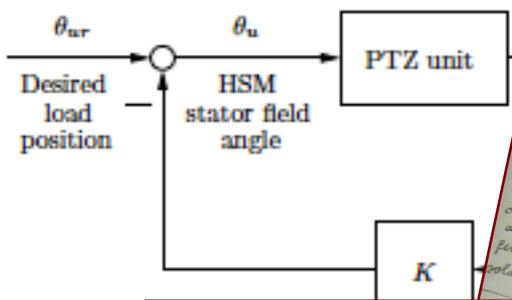
$$i_2 = I \sin(\theta_{ur}) = I \sin(N_r/N_G \omega_t t)$$

of a vector in the plane is  $\theta_{ur}$  is  $(\xi_1^{(k)}, \xi_2^{(k)})$  YCR,t KF estimation CR param  $\hat{\theta}_t$

L immagini in training relative alla forma i/d "valore"  $\sum_{j=2}^m \beta_j \cdot G_j(I)$  da  $\gamma_0 =$  vettore delle features estratte dal frame corrente  $\gamma =$  vettore delle features estratte dal frame precedente  $\Sigma =$  matrice di covarianza

$\gamma_0 = \begin{bmatrix} \gamma_{01} \\ \gamma_{02} \\ \vdots \\ \gamma_{0m} \end{bmatrix}$   $\gamma = \begin{bmatrix} \gamma_{11} \\ \gamma_{12} \\ \vdots \\ \gamma_{1m} \end{bmatrix}$

$\Sigma = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\gamma_i - \gamma_0)(\gamma_i - \gamma_0)^T$



where

$$\hat{H} \approx U_n S_n V_n^T = U_n S_n^{1/2} S_n^{1/2} V_n^T \quad (12)$$

$$\begin{cases} U_{\bar{n}} = U(:, 1:\bar{n}) \\ S_{\bar{n}} = S(1:\bar{n}, 1:\bar{n}) \\ V_{\bar{n}} = V(:, 1:\bar{n}) \end{cases}$$

$s(\omega) = \int_{\Omega} d(\omega) \left| \frac{\partial C}{\partial \omega} \right|^2 + \beta(\omega) \left| \frac{\partial S}{\partial \omega} \right|^2 d\omega$

INTERNAL ENERGY

$s(\omega) = \int_{\Omega} \sum_{i=2}^m \lambda_i(\omega) G_i[C(\omega)] d\omega$

$G_0 = \left| \frac{\partial C}{\partial \omega} \right|^2$  non zero  
 $G_1 = \left| \frac{\partial S}{\partial \omega} \right|^2$  zero  
 non zero after the first pole

OBJECT ENERGY

OPTICAL ENERGY

IMAGE ENERGY

$PCC = \int_{\Omega} F I I C C^* d\omega$

$PCC = \int_{\Omega} \sum_{i=2}^m \lambda_i(\omega) F_i d\omega$

di cui la popolazione  $F I I = \|V I\|^2$  è allora un caso particolare

OBJECT ENERGY: tutte le informazioni relative alla forma, simmetria, sp, k, area, perimetro, momento, misure in scala su C(ω)

OPTICAL ENERGY: Modella presenza/assenza di acquisizione. NB: Dire che lo "obiettore" non è allineato da  $\|V I\|^2$  significa dire che il "bordo" dell'oggetto reale è "bordo" in deviate reale o "mappatura". Vedi? Non prima alle "stato" impropriamente interpretato. Una modellazione in questo caso provata (oltre in questo caso di acquisizione). Tentativa, valore, etc. relativi all'immagine.

the following approximate relation stands:

$$\hat{H} \approx U_n S_n V_n^T \quad (13)$$

(13) and since the factorization in Eq. (13) compute C and G as follows:

$$P_1(H) L^{-T} V_{\bar{n}} S_{\bar{n}}^{-1/2}$$

$$(P_1(H^T) L^{-T} U_{\bar{n}} S_{\bar{n}}^{-1/2})^T \quad (14)$$

operator selects the first m rows of a matrix  $\sigma(\cdot)$  be the shift operator that, when applied to the matrix H, yields

$$\begin{bmatrix} \Lambda_2 & \Lambda_3 & \dots & \Lambda_{p+1} \\ \Lambda_3 & \Lambda_4 & \dots & \Lambda_{p+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Lambda_{p+1} & \Lambda_{p+2} & \dots & \Lambda_{2p} \end{bmatrix}$$

total covariance of y is  $\sigma^2 I_K$ . Therefore, the prediction error on future data given by

$$\epsilon = y_2 - S_K \hat{\theta}_p(y_1)$$

shows [7][8]

$$\text{var}[\epsilon] = K \sigma^2 \left( 1 + \frac{p}{K} \right),$$

linearly dependent on p;  $\sigma^2$  is not a-priori known, but can be computed using the Minimum Variance Unbiased Estimator [7][8]

$$\frac{K}{K-p} \hat{\sigma}_p^2 = \frac{1}{K-p} \|y_1 - S_K \hat{\theta}_p(y_1)\|^2.$$

The optimal order can be then computed by minimization of the Final Prediction Error (FPE)

$$\text{FPE}(p) \triangleq \hat{\sigma}_p^2 \frac{1+p/K}{1-p/K} \quad (17)$$

constraining p in  $[p_{\min}, p_{\max}]$ . It follows:

$$p_{\text{opt}} = \arg \min_p \text{FPE}(p).$$

## any Size SVD Decomposition

$R^{\mu \times \nu}$ , with  $\mu \geq \nu$ , there exist:

orthogonal matrix  $U = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_\nu]$ ,

- a diagonal matrix  $S = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_\nu)$  with  $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_\nu \geq 0$ ,
- an orthogonal matrix  $V = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_\nu]$ ,

such that

$$Y = U \cdot S \cdot V^T \quad (1)$$

Since we suppose the L measurements to be mutually independent, the following formula holds for the whole observation  $y_t$ :

$$p(y_t | x_t) = \prod_{l \in R} \lambda_l(x_t) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_l^2(x_t)}} e^{-\frac{(y_{l,t} - \mu_l(x_t))^2}{2\sigma_l^2(x_t)}}$$

of any columns of  $U_T$  is  $\|e_{\text{range}(Y)}(y_i)\|_2 \leq \sigma_{T+1}$

# *Sbocchi professionali*

*Ruggero Carli*

## Sbocchi professionali

Le 4 A dell'industria italiana:

**Automazione**, Abbigliamento, Alimentare, Arredocasa

L'ingegnere dell'automazione può trovare impiego non solo nelle industrie che producono strumenti e sistemi per l'automazione, ma anche in tutte le realtà nelle quali i sistemi di automazione svolgono ruoli tecnicamente ed economicamente significativi.

Il mercato dell'automazione riguarda ormai tutti i comparti della produzione industriale e dei servizi:

- l'industria produttrice di macchine automatiche, di robot e di sistemi mecatronici;
- l'industria di processo;
- l'industria operante nel settore dei trasporti;
- l'industria produttrice di beni di largo consumo;
- le reti di pubblica utilità;
- la domotica.

## *Diverse tipologie di aziende*

**Grandi aziende specializzate in automazione (anche “chiavi in mano”) per applicazioni generiche** (es: ABB, B&R, Bosch Rexroth, Control Techniques, Emerson, Moog, Mitsubishi Electric Automation, Omron, Rittal, Rockwell Automation, Schneider Electric, Siemens)

**Aziende produttrici di sistemi di automazione per mercati specifici** (es: Carel, Eliwell, Invensys Controls, Comau, Athena)

**Aziende utilizzatrici di sistemi di automazione** (es: Piaggio, Aprilia Racing STMicroelectronics, MSC.SOFTWARE Corporation, Vi-Grade GmbH, Ducati Corse, Giove, SIG Simonazzi, Rhoss, IRSAP, Infineon Technologies Austria AG, M31, MEMC, UTECO Converting, Geoclima, Mondial, Electrolux, BFT, Emerson Network Power, CIB Unigas)

## Alcuni dati (2013)

LAUREA MAGISTRALE/SPECIALI STICA	PADOVA					AGGREGATO		
	AUT	TLC	BIOING	ELET	INFORM AT	INF. UNIPD	INF. NAZ	ING. NAZ
Età alla laurea (medie)	26,0	26,1	25,4	25,3	25,6	25,4	26,8	26,7
Voto di laurea in 110-mi (medie)	105,4	105,3	101,3	104,5	105,1	104,0	106,7	106,4
Durata degli studi (medie, in anni)	2,7	2,9	2,8	2,7	2,8	2,8	3,2	3,0
Tasso di occupazione (definizione Istat 2013)	95,2	83,9	87,0	93,8	98,3	91,9	88,9	84,4
Tasso di disoccupazione (definizione Istat 2013)	4,8	16,1	9,6	3,2	1,7	6,7	8,8	12,7
Guadagno Totale (netto/mese) a 1 anno	1340	1116	1197	1319	1254	1236	1285	1259
A 3 anni dalla laurea	1685	1594	1383	1552	1453	1533	1478	1468
A 5 anni dalla laurea	1823	1750	1527	1619	1679	1680	1679	1676

\* Fonte AlmaLaurea ([www.almalaurea.it](http://www.almalaurea.it), indagine 2013)



*Alcuni dati (2014)*

LAUREA MAGISTRALE/SPECIALI STICA	PADOVA							
	AUT(24)	TLC(20)	BIOING(32)	ELET(25)	INFORM AT (31)			
Età alla laurea (medie)	25,8	26,3	25,6	25,3	25,6			
Voto di laurea in 110-mi (medie)	104,3	104,6	100,6	104,5	105,1			
Durata degli studi (medie, in anni)	3,0	2,9	2,7	2,7	2,8			
Tasso di occupazione (definizione Istat 2014)	100	95,0	63,0	95,5	92,9			
Tasso di disoccupazione (definizione Istat 2014)	0,0	5,0	29,6	4,5	3,7			
Guadagno Totale (netto/mese) a 1 anno	1329	1500	1126	1421	1254			
A 3 anni dalla laurea	1572	1593	1312	1387	1470			
A 5 anni dalla laurea	1956	1683	1637	1611	1757			

\* Fonte AlmaLaurea ([www.almalaurea.it](http://www.almalaurea.it), indagine 2014)

*Alcuni dati (2015)*

LAUREA MAGISTRALE/SPECIALI STICA	PADOVA							
	AUT	TLC	BIOING	ELET	INFORM AT			
Età alla laurea (medie)	25,3	25,2	25,9	26,0	26,2			
Voto di laurea in 110-mi (medie)	104,5	106,5	103,3	104,6	104,8			
Durata degli studi (medie, in anni)	2,6	2,3	2,7	3,0	3,0			
Tasso di occupazione (definizione Istat 2015)	92,6	95,2	96,7	97,2	94,6			
Tasso di disoccupazione (definizione Istat 2015)	7,4	4,8	3,3	2,8	2,8			
Guadagno Totale (netto/mese) a 1 anno	1438	1451	1243	1389	1526			
A 3 anni dalla laurea	1751	1819	1536	1552	1571			
A 5 anni dalla laurea	1875	1764	1644	1676	1661			

\* Fonte AlmaLaurea ([www.almalaurea.it](http://www.almalaurea.it), indagine 2015)

*Alcuni dati (Media 2013,2014,2015)*

LAUREA MAGISTRALE/SPECIALISTICA	PADOVA				
	AUT	TLC	BIOING	ELET	INFORMAT
Durata degli studi (medie, in anni)	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
Tasso di occupazione (definizione Istat)	96,0	91,2	82,3	95,5	95,0
Tasso di disoccupazione (definizione Istat)	4,0	8,6	14,1	3,5	2,7
Guadagno Totale (netto/mese) a 1 anno	1369	1355	1188	1376	1344
A 3 anni dalla laurea	1669	1668	1410	1497	1448
A 5 anni dalla laurea	1884	1732	1613	1635	1704

\* Fonte AlmaLaurea ([www.almalaurea.it](http://www.almalaurea.it), media indagini 2013,2014,2015)

## Dottorato

Al termine della laurea e' possibile ottenere una ulteriore specializzazione tramite **il Dottorato di Ricerca in Ingegneria dell' Informazione.**

- Programma triennale
- Numero chiuso con borsa di studio (circa 1000Euro/mese)
- Acquisizione di competenze tecniche e scientifiche di altissimo livello
- Possibilita' di periodo di ricerca all'estero (6-12Mesi) nei migliori istituti di ricerca internazionali (MIT, Stanford, Berkeley, KTH Stoccolma, ETH Zurigo, etc..) ed aziende (Philips Olanda, ABB Svezia, etc..)
- Permette di acquisire **un profilo d'eccellenza** facilmente spendibile sia a livello di ricerca accademica che a livello industriale.

Situazione attuale dei dottori di ricerca in automazione degli ultimi 7 anni:

- 10 post-doc: ETH Zurigo, U. Strathclyde Glasgow, KTH Stoccolma, CNRS Francia, DEI Padova (6)
- 6 professori: , U. Brescia, U. Padova, U. Lulea Svezia, U. Eindhoven,
- 2 ricercatori: INRIA Grenoble, CNR Torino
- 3 start-upper: Uqido, Brain, Selff
- 7 ingegneri progettisti: Ferrari, Aprilia, McLaren Racing, Infineon, Kerberos, Bosh, Mitsubishi Electric Automation

# Q&A

## Contatti:

E-mail:

[augusto@dei.unipd.it](mailto:augusto@dei.unipd.it)  
[schenato@dei.unipd.it](mailto:schenato@dei.unipd.it)

Webpage:

<http://automatica.dei.unipd.it/>  
<http://automatica.dei.unipd.it/teaching.html>