



UNIVERSITÀ DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE



Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione

4 Maggio 2016



Offerta didattica e piano di studio (studenti immatricolati a.a. 2016-'17)

Augusto Ferrante

Esami obbligatori

Primo anno (a.a. 2016-'17) - tot. 48 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.)

+Almeno 1 esame a scelta tra

6a) **Mathematical methods for information engineering** (9 cfu - 1 sem.)

6b) Fisica matematica (9 cfu - 2 sem.)



Esami obbligatori

Secondo anno (a.a. 2016-'17) - tot. 18 cfu

- 1) **System Identification** (9 cfu - 1 sem.)
- 2) **Control System Design** (9 cfu - 1 sem.)

Esami a scelta vincolata

Almeno uno tra i seguenti *affini*
(al primo o secondo anno - 9 cfu)

- 1) Network Modeling - (1 anno) 2 sem.
- 2) Power Electronics - (1 anno) 1 sem.
- 3) Dati e algoritmi 2 - (1 anno) 1 sem.
- 4) Ricerca Operativa - (1 anno) 1 sem.
- 5) Measurement Systems in Automation - 2 anno
- 6) Telecommunication networks - (1 anno) 1 sem.
- 7) Elaborazione num. dei segnali - (1 anno) 1 sem.



Esami a scelta vincolata

Almeno 15 cfu tra i seguenti *caratterizzanti*

- 1) Azionamenti elettrici (9 cfu - 1 sem.)
- 2) **Robotics, Vision and Control** (9 cfu - 2 sem.)
- 3) Controllo dei sistemi meccanici (6 cfu - 1 sem.)
- 4) Automazione industriale (6 cfu - 2 sem.)
- 5) Sistemi ecologici (6 cfu - 2 sem.) - a.a. 2015-16
- 6) **Advanced topics in control** (6 cfu - 2 sem.)



9 cfu *a scelta libera* purché coerenti con il percorso formativo:

tipicamente, un corso in un manifesto di laurea
magistrale dell' area dell' Informazione (che non presenti
sovrapposizioni di programma con altri corsi del piano)

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**

Per altre informazioni

1. Commissione didattica

- Prof. Augusto Ferrante augusto@dei.unipd.it
- Prof. Mauro Bisiacco bisiacco@dei.unipd.it
- Prof. Stefano Pinzoni pinzoni@dei.unipd.it

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



Tematiche di ricerca

Ruggero Carli

Teoria vs applicazioni

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

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

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

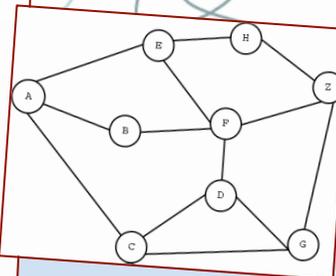
- a column-orthogonal matrix $U = [u_1 \ u_2 \ \dots \ u_\nu]$,
- a diagonal matrix $S = \text{diag}(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_\nu)$ with $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_\nu \geq 0$,
- an orthogonal matrix $V = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_\nu]$,

such that

$$Y = U \cdot S \cdot V^T.$$

$$\begin{aligned} \mathbf{x}'(t) &= \mathbf{A}\mathbf{x}(t) + \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \\ \mathbf{y}(t) &= \mathbf{C}\mathbf{x}(t) + \mathbf{D}\mathbf{u}(t) \end{aligned}$$

Matrix Vector Vector Vector or Matrix Vector



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

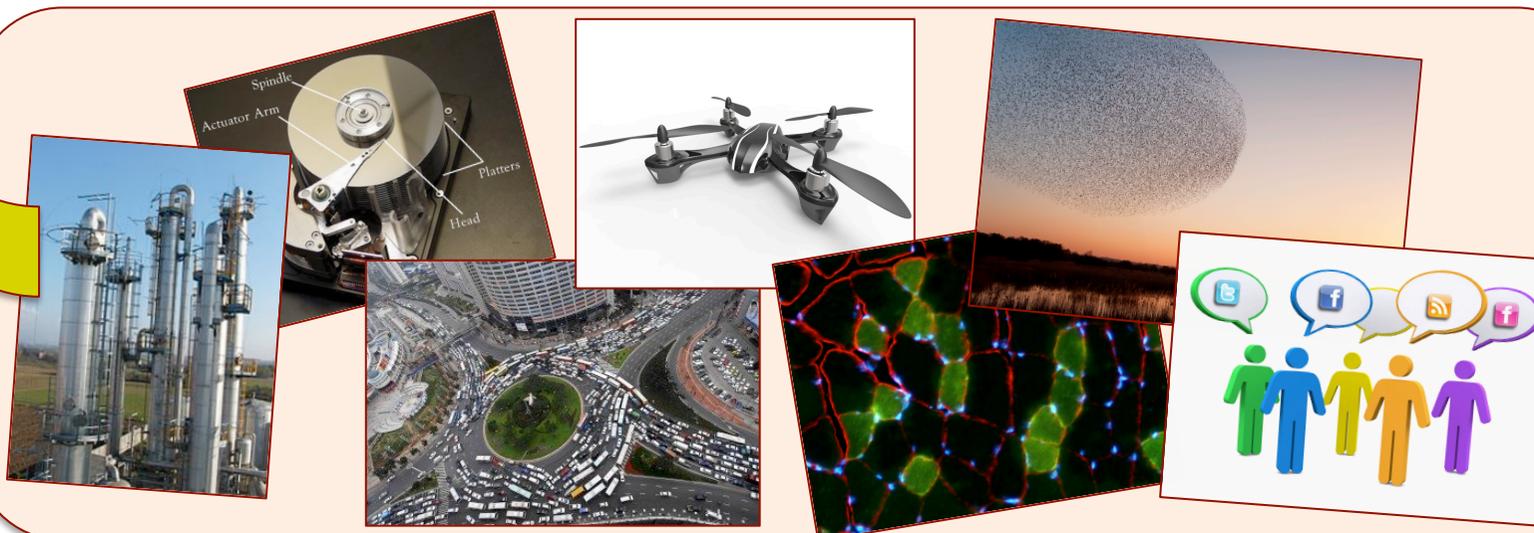
$$\begin{cases} C \approx \rho_1(H)L^{-T}V_{\bar{n}}S_{\bar{n}}^{-1/2} \\ G \approx (\rho_1(H^T)L^{-T}U_{\bar{n}}S_{\bar{n}}^{-1/2})^T \end{cases}, \quad (14)$$

(\cdot) operator selects the first m rows of a m

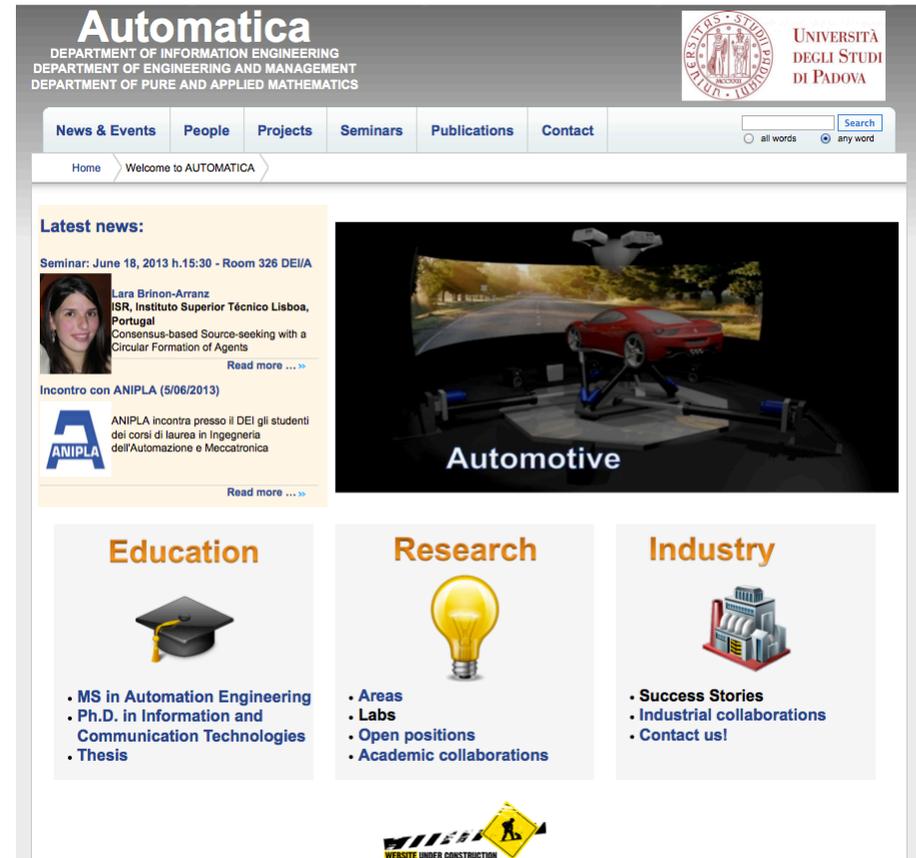
re let $\sigma(\cdot)$ be the shift operator that, when applied to the Hankel matrix H , yields

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

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



- ❑ 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



The screenshot shows the homepage of the Automatica website. At the top, it features the title 'Automatica' and the department names: 'DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING', 'DEPARTMENT OF ENGINEERING AND MANAGEMENT', and 'DEPARTMENT OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS'. The University of Padua logo is visible in the top right corner. A navigation menu includes 'News & Events', 'People', 'Projects', 'Seminars', 'Publications', and 'Contact'. Below the menu, there is a search bar and a 'Welcome to AUTOMATICA' message. The main content area is divided into several sections: 'Latest news' with a seminar announcement by Lara Brinon-Arranz, an ANIPLA meeting announcement, and a large image of a red car on a test rig labeled 'Automotive'. Below this, there are three columns: 'Education' with a graduation cap icon and a list of programs (MS in Automation Engineering, Ph.D. in Information and Communication Technologies, Thesis); 'Research' with a lightbulb icon and a list of areas (Areas, Labs, Open positions, Academic collaborations); and 'Industry' with a factory icon and a list of success stories (Success Stories, Industrial collaborations, Contact us!). At the bottom right, there is a 'WEBSITE UNDER CONSTRUCTION' sign.

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

People



A. Beghi



M. Bisiacco



R. Carli



A. Cenedese



A. Chiuso



A. Ferrante



E. Fornasini



G. Picci



G. Pilonetto



S. Pinzoni



L. Schenato



F. Ticozzi



M.E. Valcher



S. Vitturi

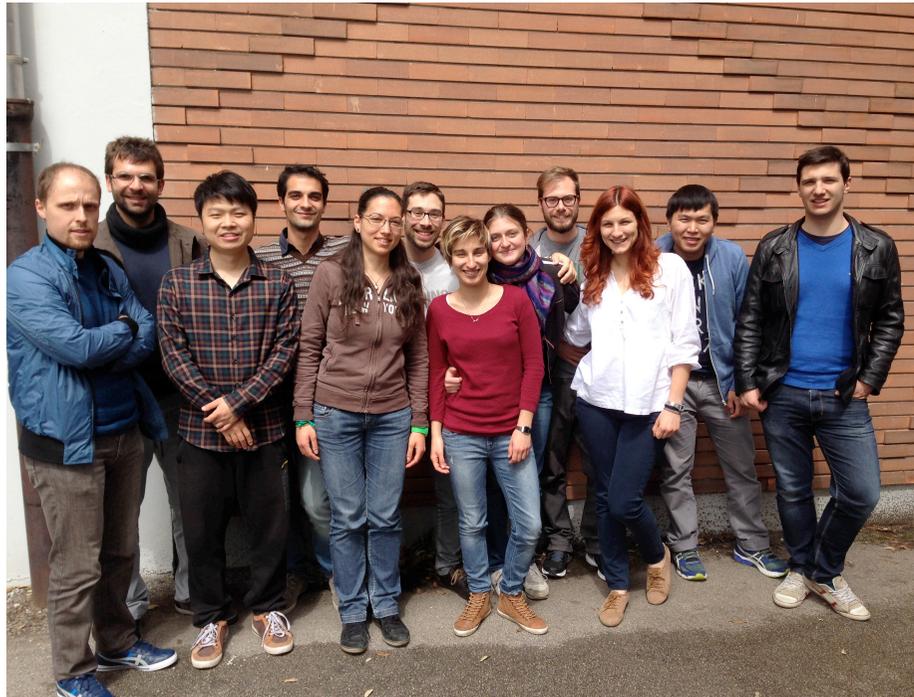


S. Zampieri



M. Zorzi

People



PH.D. STUDENTS

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

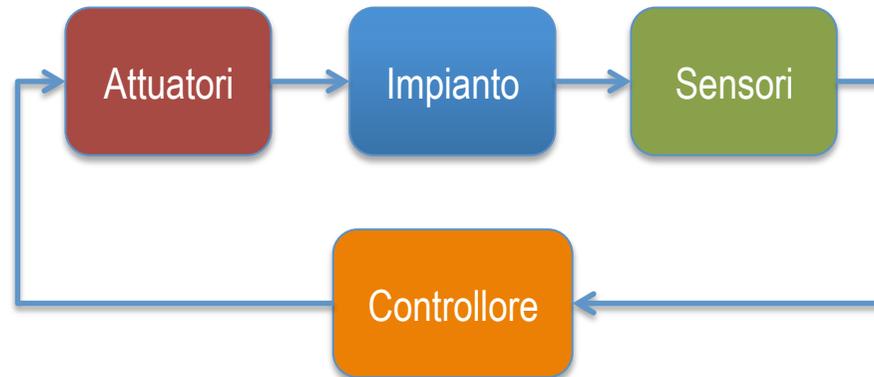
POST-DOCS & COLLABORATORS

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



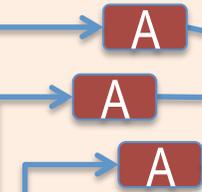
Networked Control Systems (NCSs)

Architettura classica centralizzata



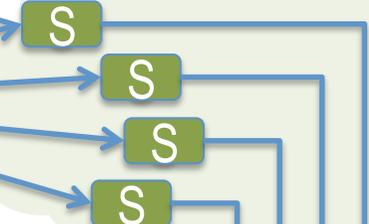
Rete di attuatori

Cooperation
Coordination
Autonomy
Robustness



Rete di sensori

Data fusion
Redundancy
Self-healing
Clustering



Rete di comunicazione

Connectivity
Limited bandwidth
Congestion
Interference
Packet loss
Delays

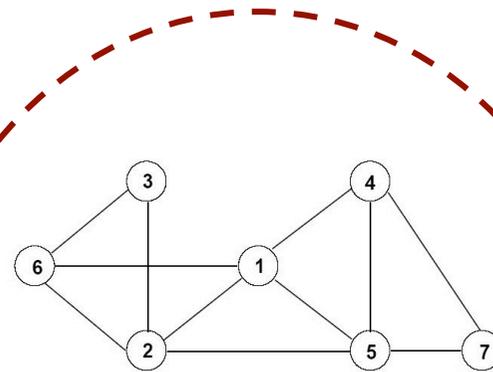
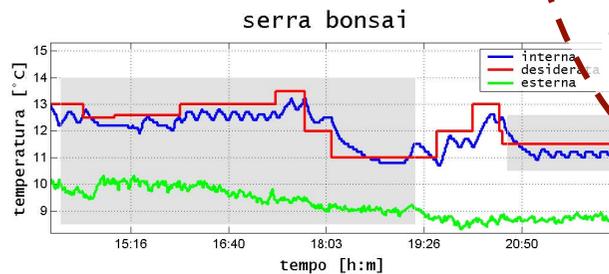
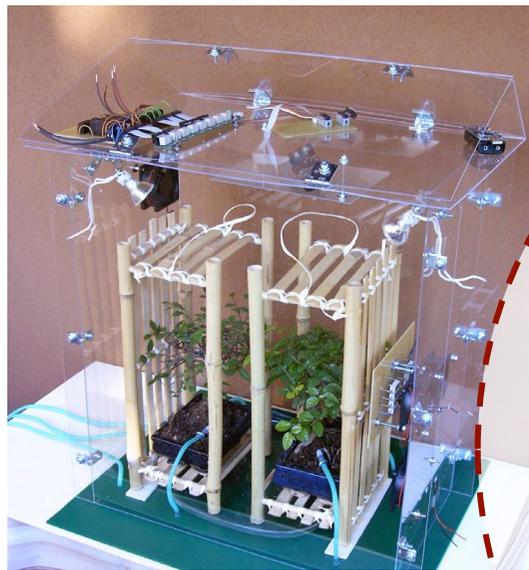




Smart house and Wireless Sensor Networks

Hot topics:

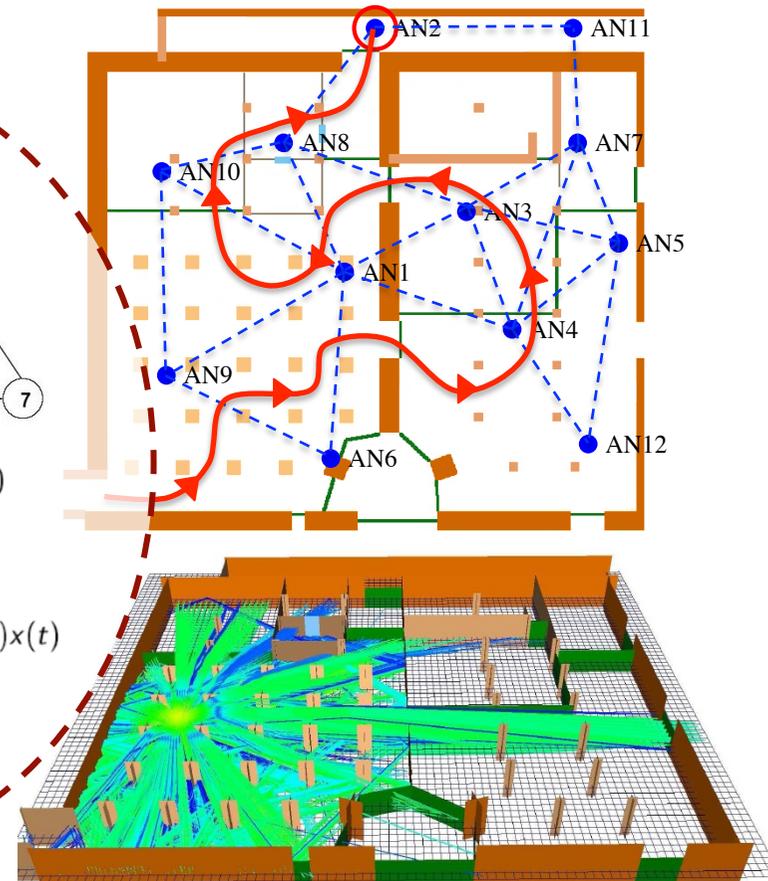
- ❑ Reti multiagente multiobiettivo a risorse limitate per *indoor monitoring* e *smart domotics*
- ❑ Posizionamento ottimo di sensori
- ❑ Metodologie e algoritmi robusti per localizzazione e tracking



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

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

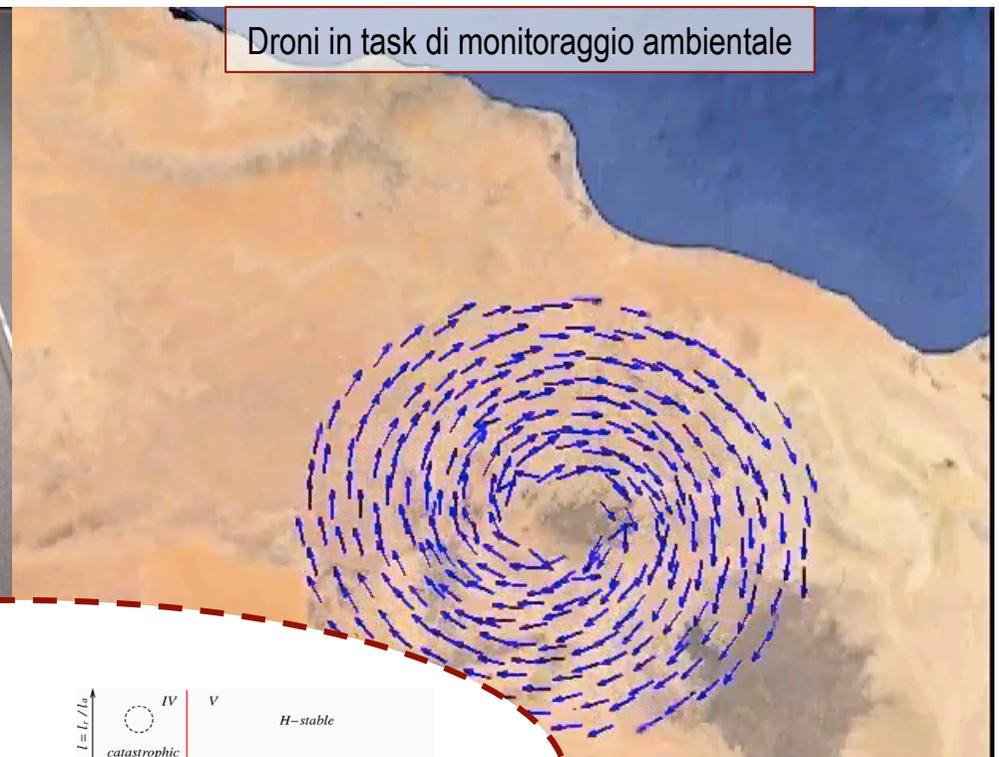
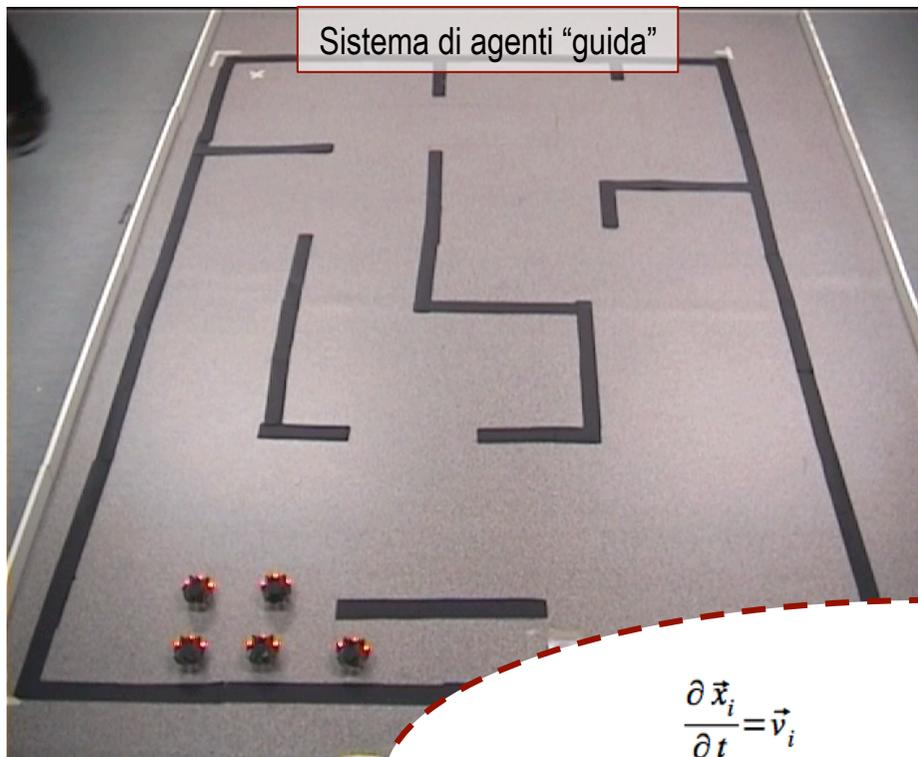
$$x(t+1) = P(t)x(t)$$



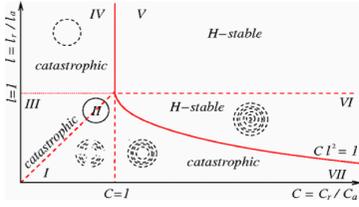
Cooperative robotics

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)

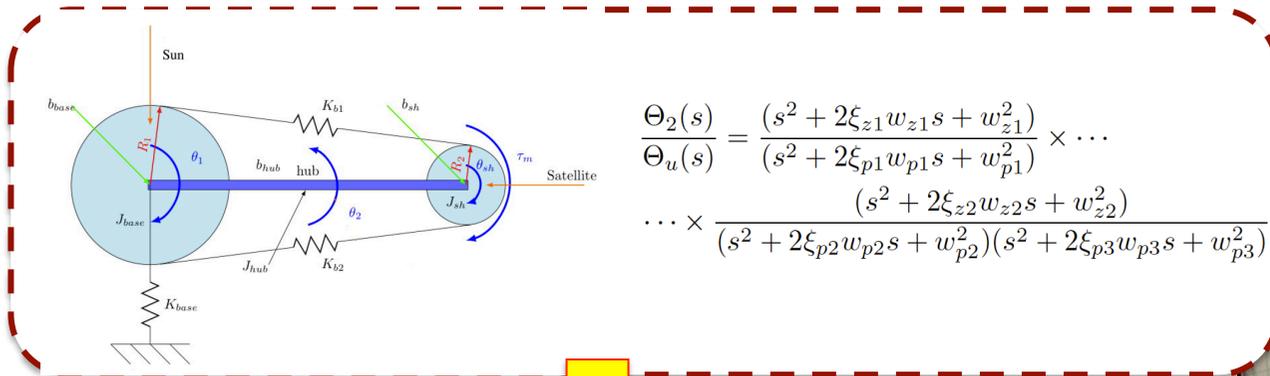


$$\frac{\partial \bar{x}_i}{\partial t} = \bar{v}_i$$

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


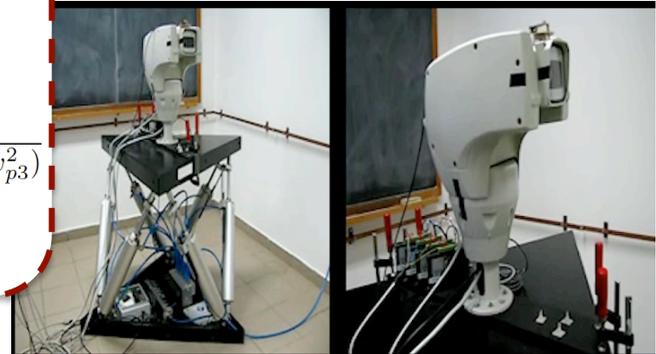
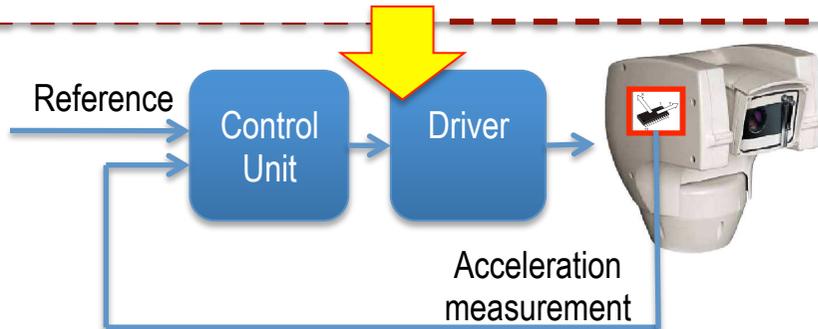


Mechatronic systems: vibration mitigation and position control

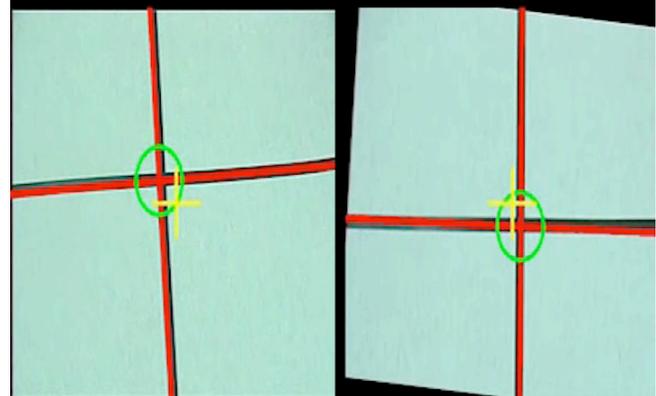


$$\frac{\Theta_2(s)}{\Theta_u(s)} = \frac{(s^2 + 2\xi_{z1}w_{z1}s + w_{z1}^2)}{(s^2 + 2\xi_{p1}w_{p1}s + w_{p1}^2)} \times \dots$$

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

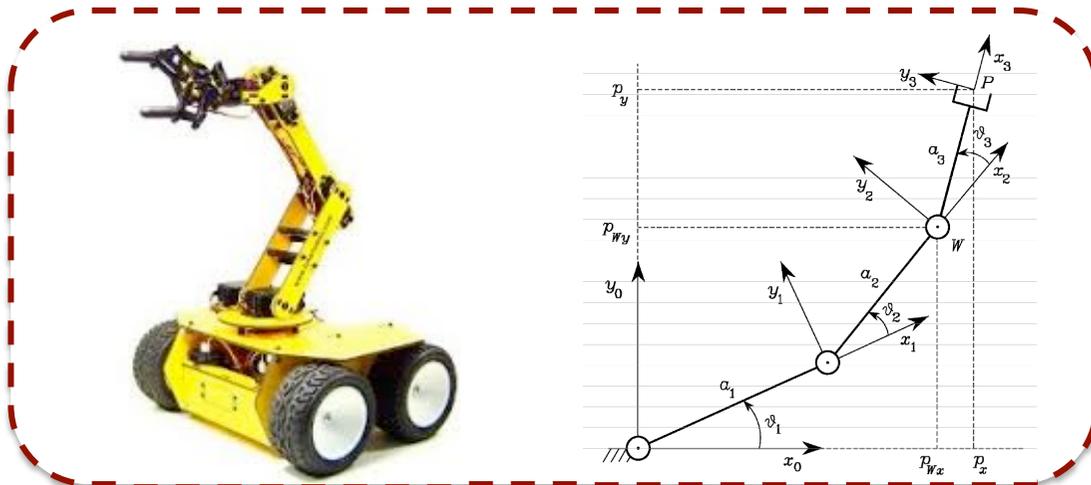


Insieme piattaforma più brandeggio con profilo di movimento onduoso

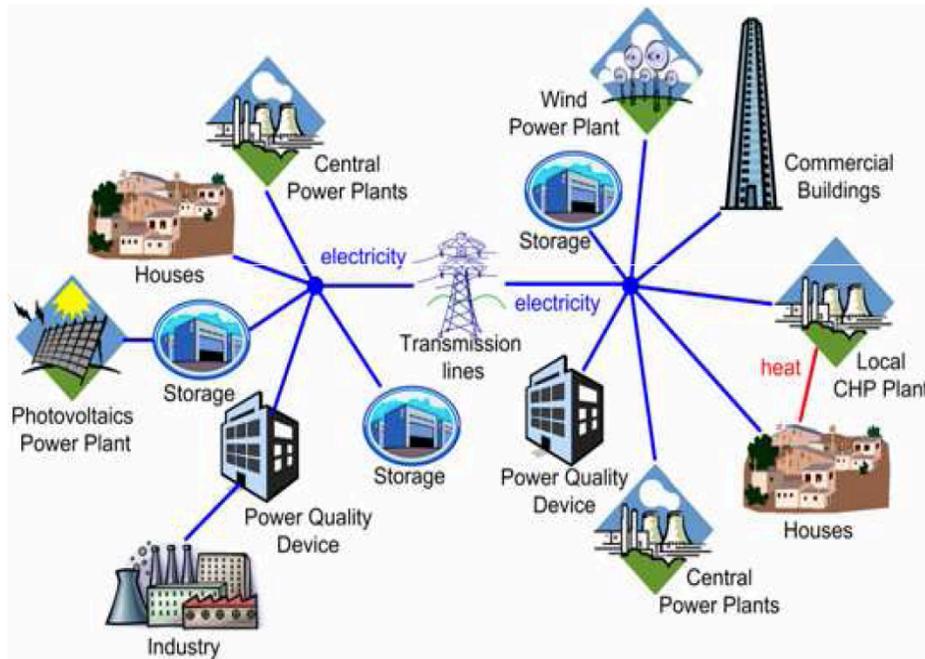


Movimento non compensato

Movimento compensato



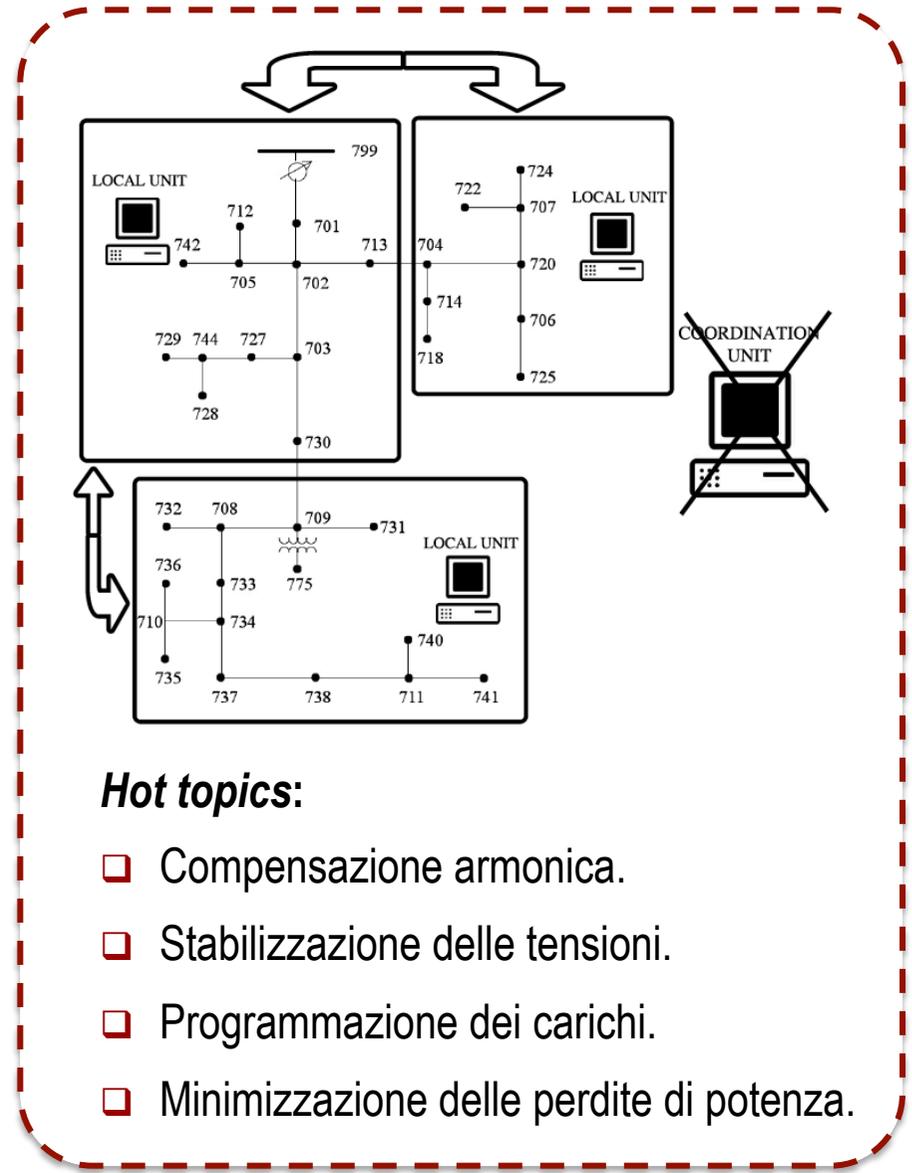
Smart Power Grids



“Produco ciò che consumi...”



“Consumi ciò che produci...”



Hot topics:

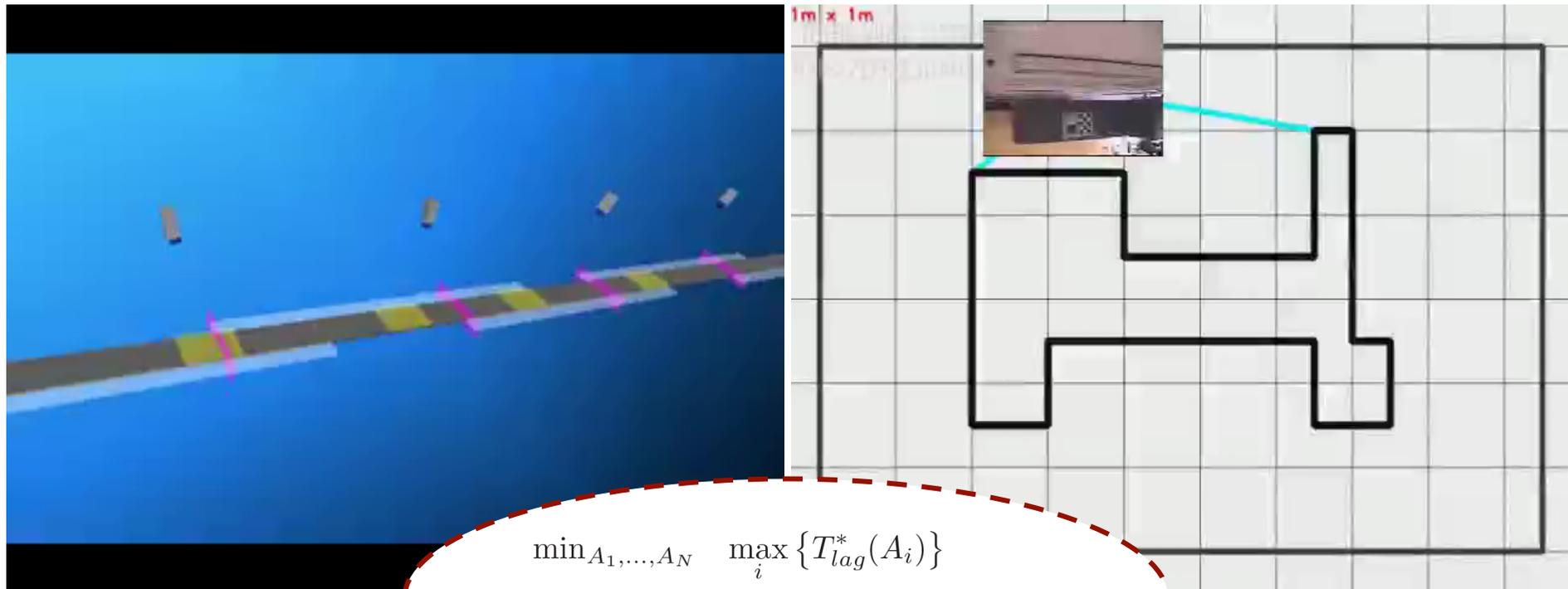
- Compensazione armonica.
- Stabilizzazione delle tensioni.
- Programmazione dei carichi.
- Minimizzazione delle perdite di potenza.

Sparse camera networks: vide-surveillance

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

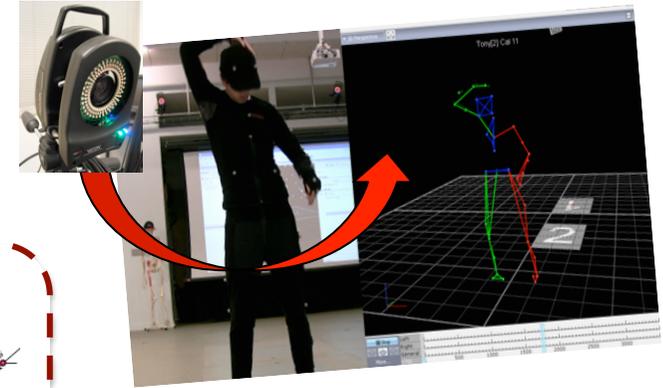


$$\begin{aligned}
 & \min_{A_1, \dots, A_N} \max_i \{T_{lag}^*(A_i)\} \\
 & \text{s.t.} \quad A_i \subseteq D_i \quad i = 1, \dots, N \\
 & \quad \cup_{i=1}^N A_i = \mathcal{L}
 \end{aligned}$$

Dense camera networks: motion capture

Hot topics:

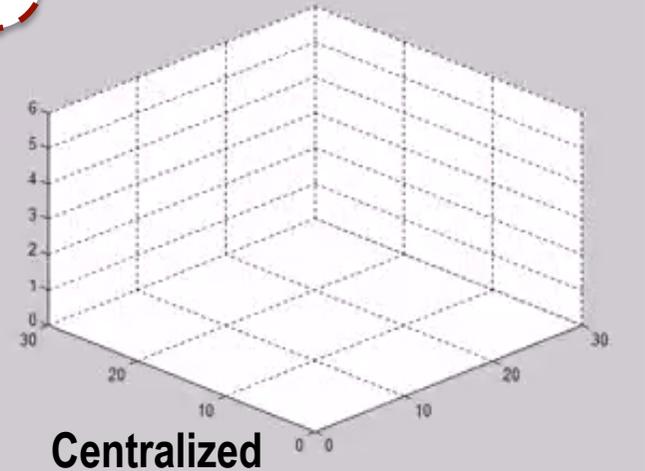
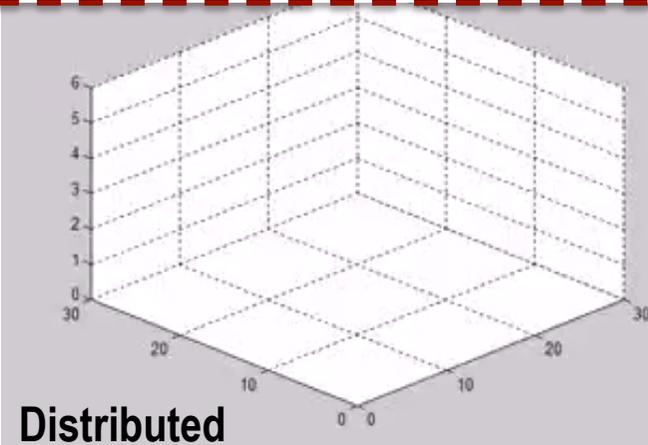
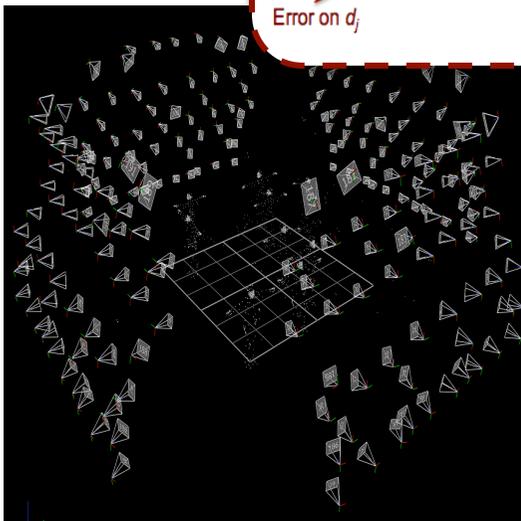
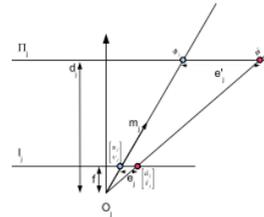
- ❑ Metodologie distribuite per ricostruzione 3D in large scale scenarios
- ❑ Stima dell'errore di ricostruzione



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

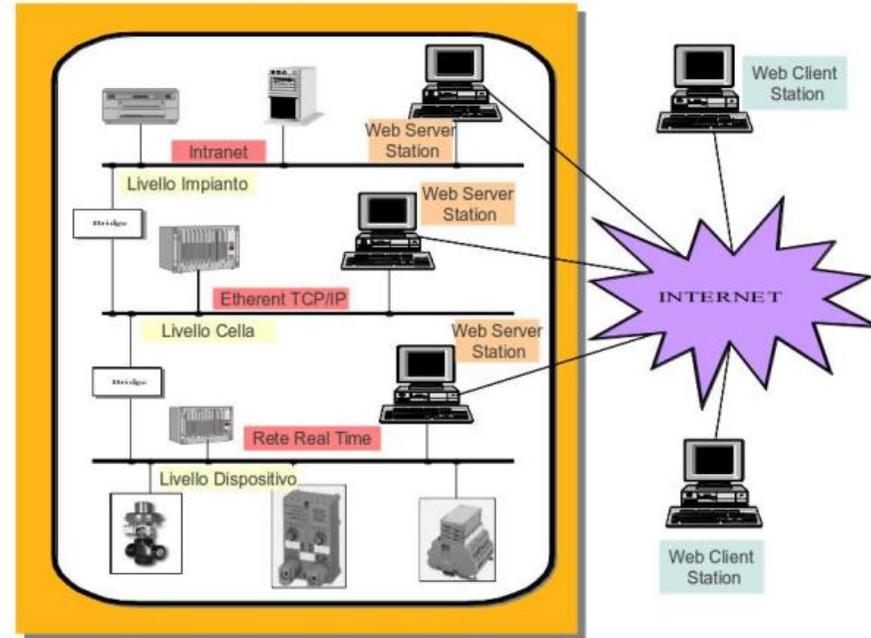
$$\hat{\phi}_j \sim \mathcal{N}(\phi, \Sigma_j(\phi))$$

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



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

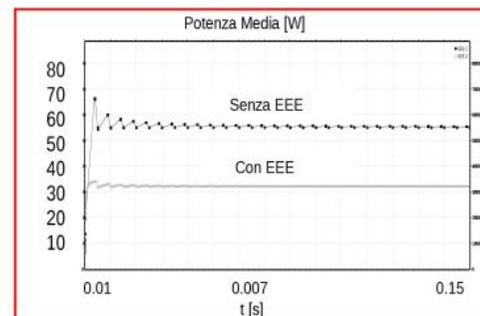


Hot topics:

- ❑ 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

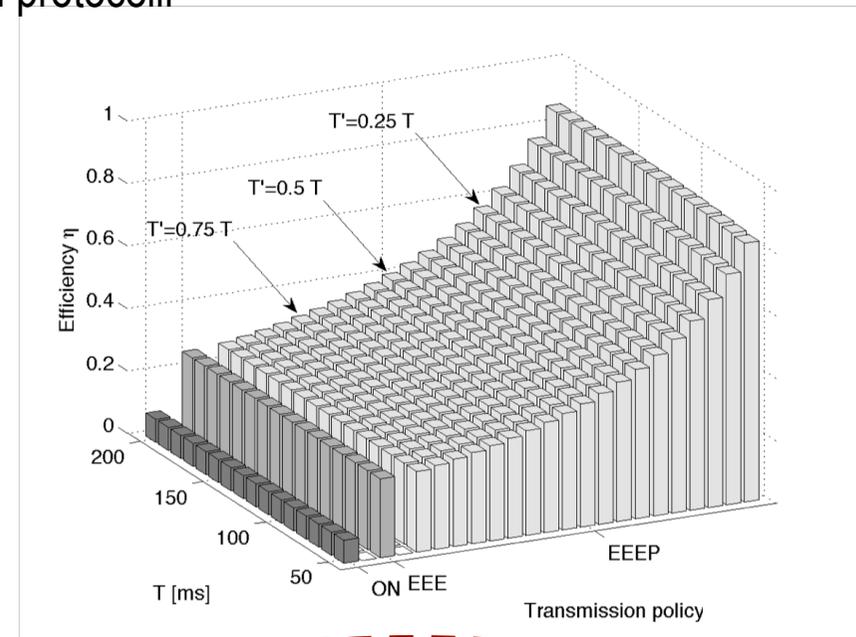
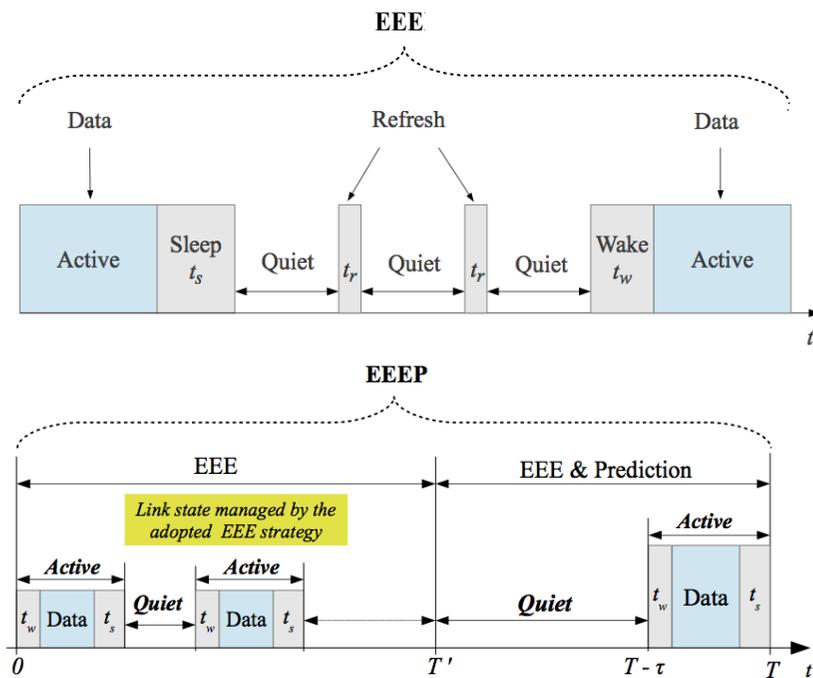




Controllo e “shaping” del traffico su rete

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



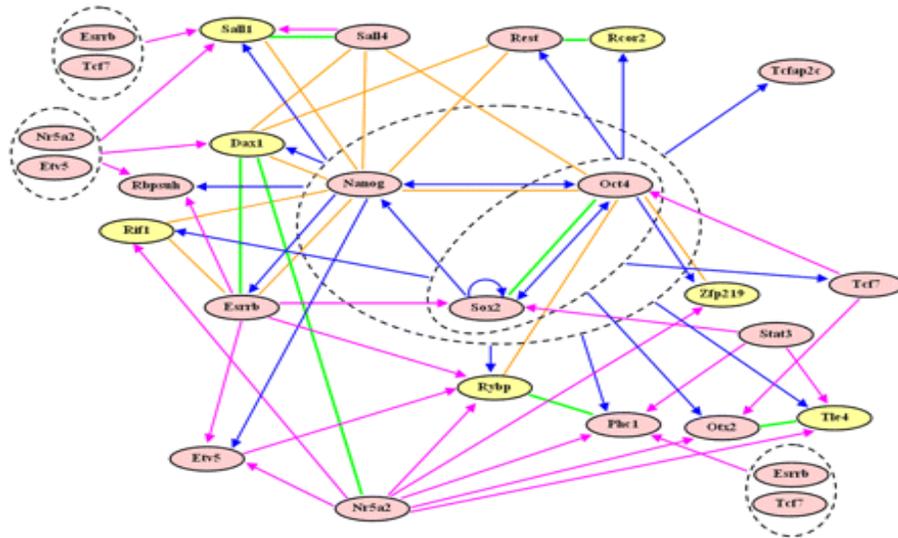
Corollary 1 (Efficiency bounds). Consider Always-On, EEE, and EEEP, in the single window analysis: only η_{ON} can reach unitary efficiency (when $N\bar{T}_{pack} = T_B$), while η_{EEE} and η_{EEEP} are strictly below unity:

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

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



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**:

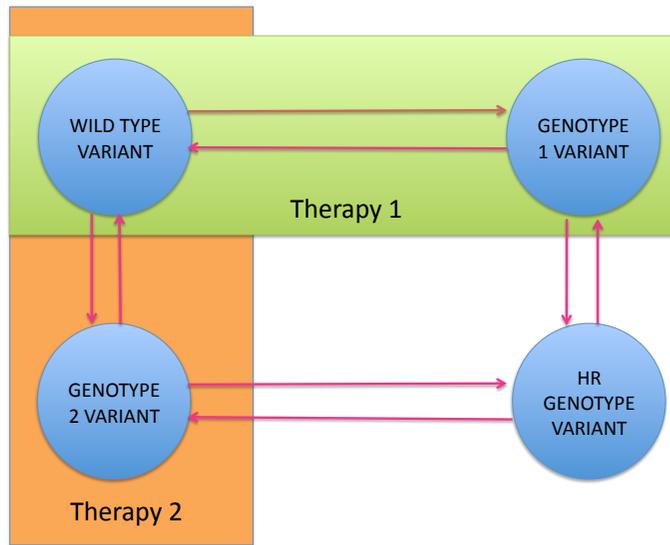
$$X(t + 1) = F(X(t), U(t))$$

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

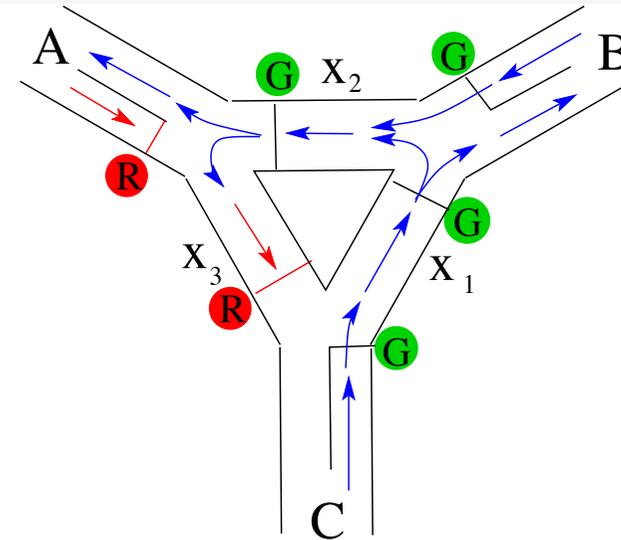
$X(t), U(t), Y(t)$ vettori Booleani



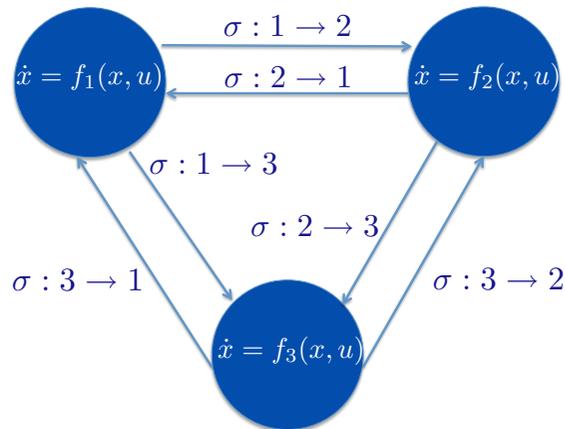
Sistemi positivi switched



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).

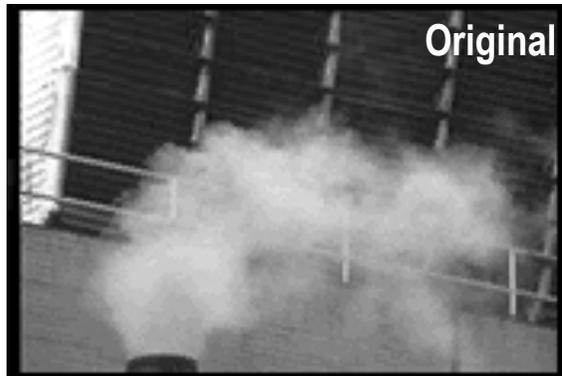
Se le grandezze in gioco sono positive (concentrazioni di virus, numero auto in coda...)

➔ SISTEMI POSITIVI SWITCHED



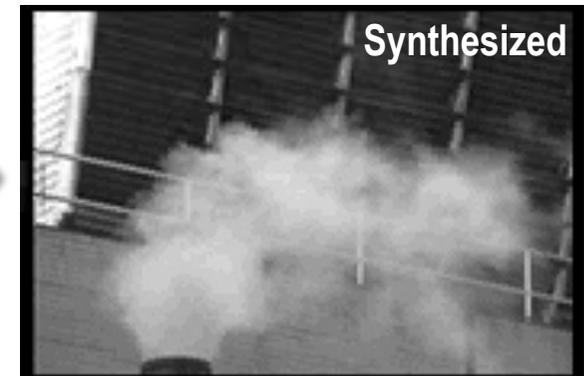
Identification, estimation and synthesis

Computer Vision



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

Modello "Identificato"

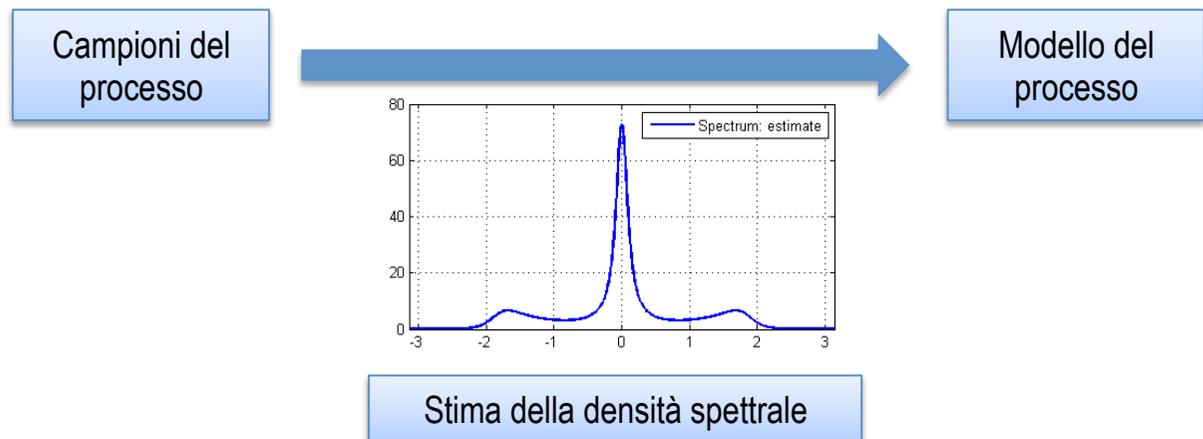


Speech processing

Speech recognition: who & what

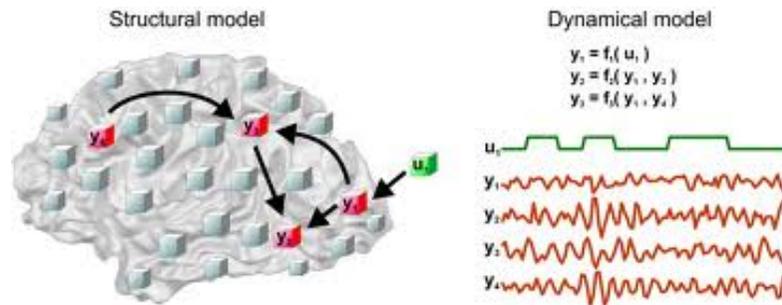


High resolution spectral estimation

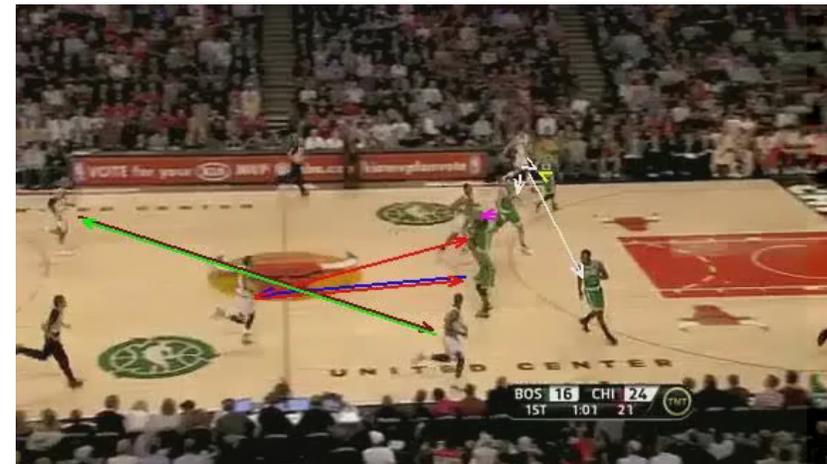
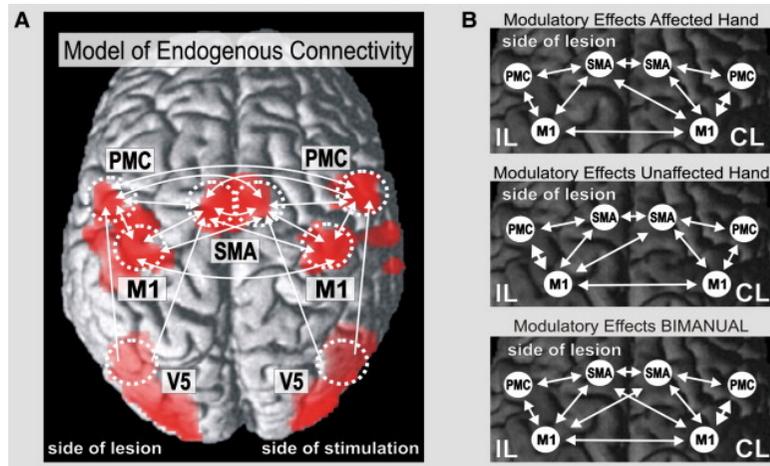


Dynamic structure modeling and Machine Learning

Effective Connectivity



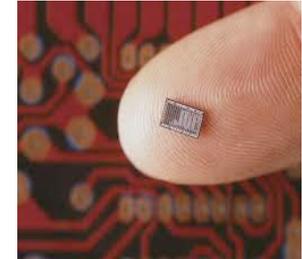
Dynamic relations (who influences/is influenced by who)



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!

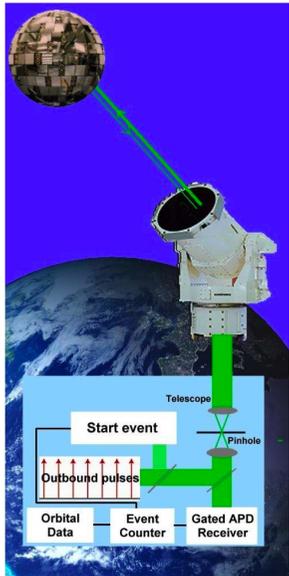
Algoritmi per simulazione, fattorizzazione e ricerca più veloci

Crittografia può essere resa intrinsecamente sicura

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



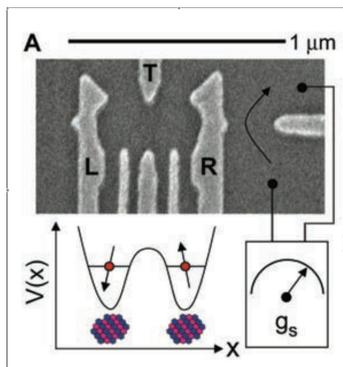
Argomenti di ricerca nel gruppo



- **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.

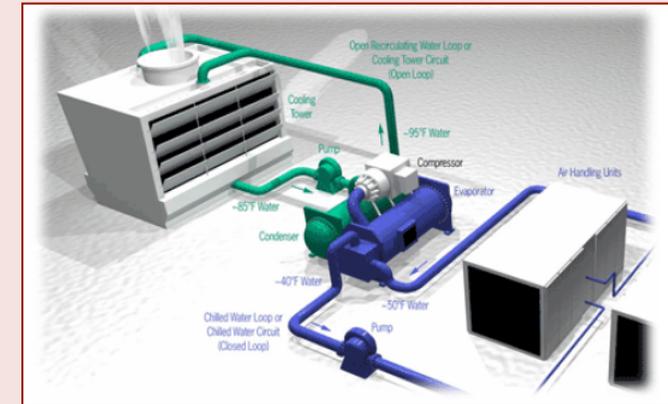


- **Codifica e comunicazione quantistica:** Il gruppo è parte del progetto strategico *QuantumFuture*, in cui si mira allo sviluppo teorico e sperimentale di protocolli di comunicazione quantistica, crittografia, generazione di numeri casuali, e applicazioni spaziali.

Collaborazioni con partner industriali e istituti di ricerca

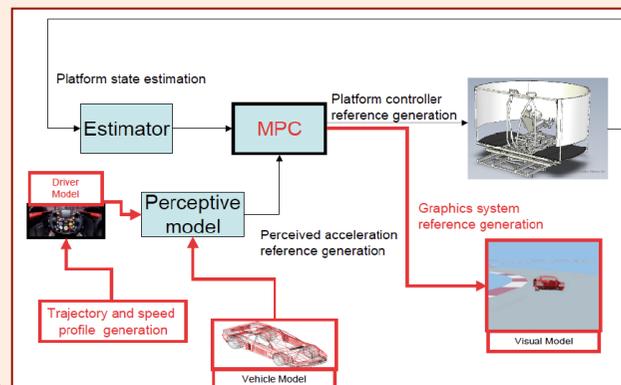
Modellistica e controllo di sistemi HVAC&R:

- 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

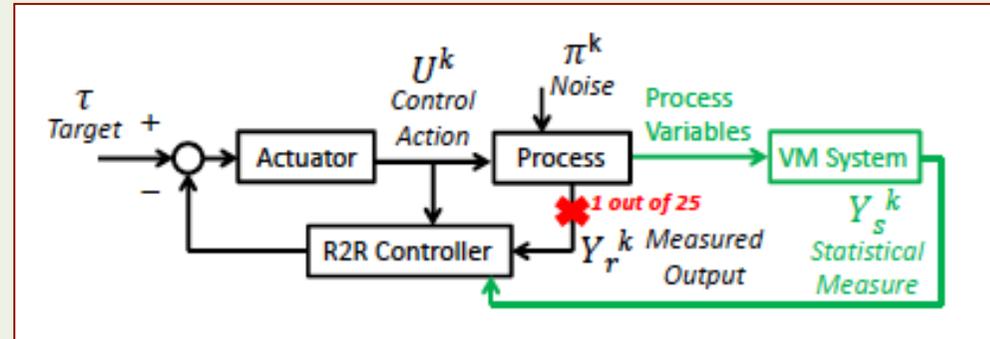




Collaborazioni con partner industriali e istituti di ricerca

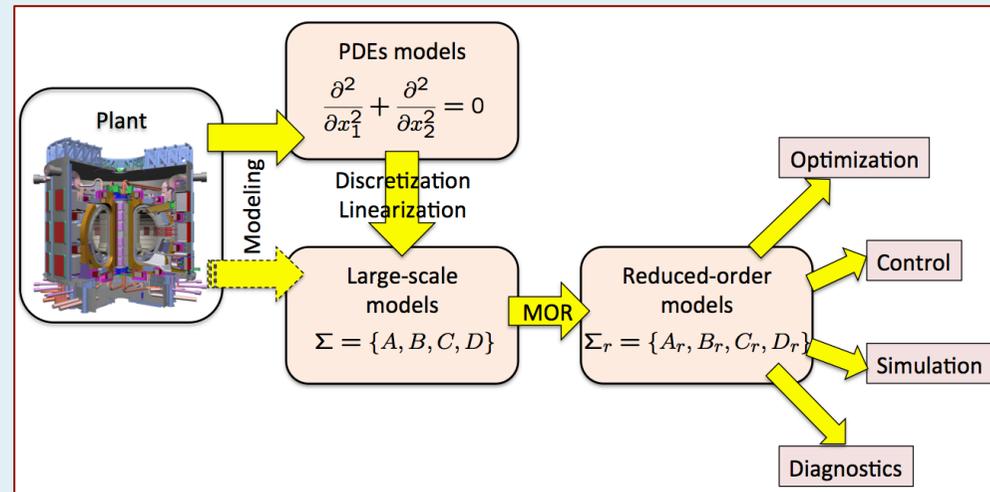
Controllo di processo (Infineon,ST,Intel):

- 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):

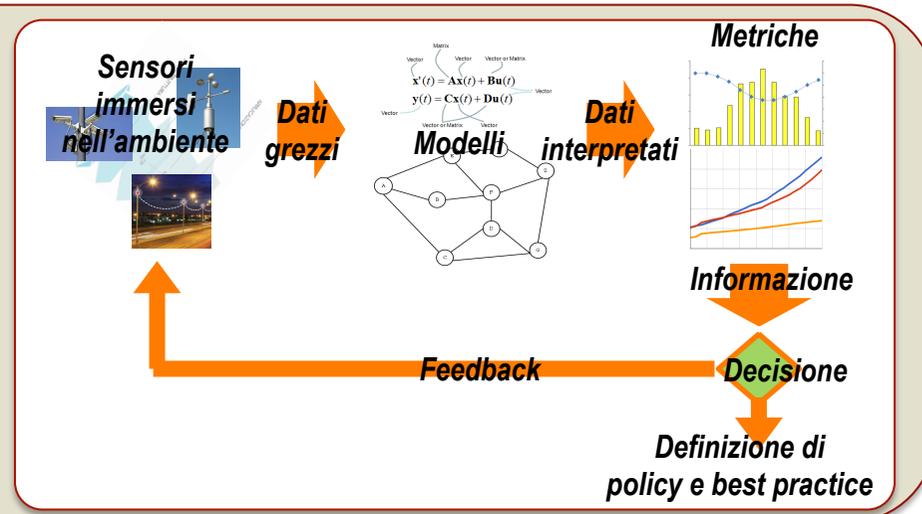
- Misure angolari di elevatissima precisione
- Applicazioni in fisica (relatività generale), geodesia, sismologia ...
- Modellistica del sistema e filtraggio del segnale
- Ottimizzazione e controllo attivo della geometria dello strumento



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 & MAG²IC

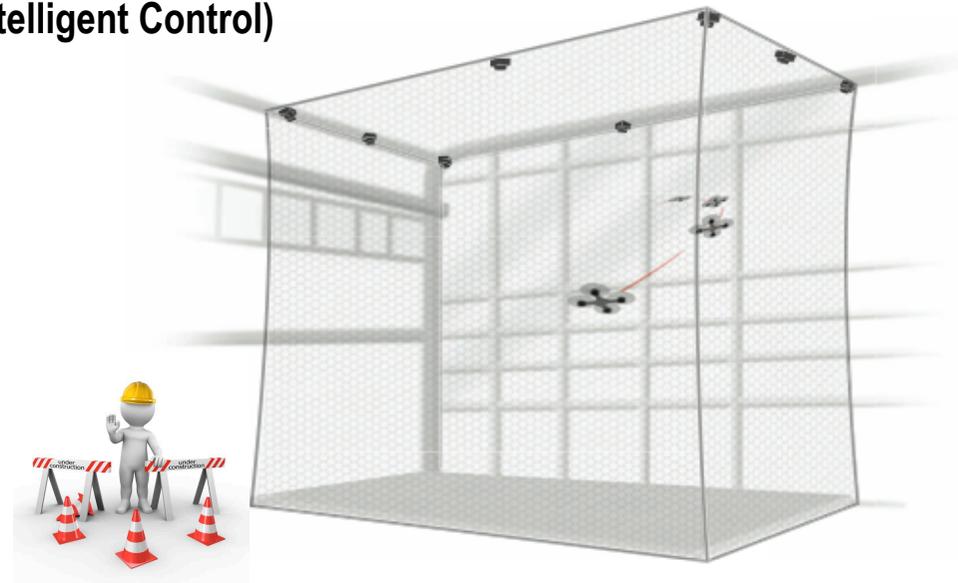
NavLab (Autonomous Navigation and Computational Vision Laboratory)

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

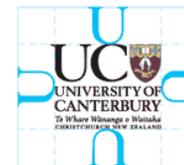


MAG²IC (Multi AGent & Motion Analysis and Gait Intelligent Control)

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



Collaborazioni



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY



Massachusetts
Institute of
Technology



Dietro a tutto questo...

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

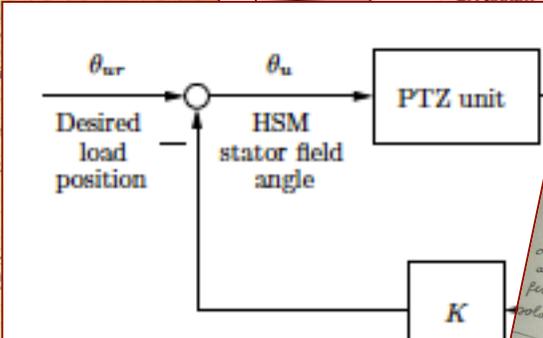
$$i_2 = I \sin(N_r/N_G \omega_t t)$$

L'immagine di training
m features relative alla forma e/o "colore"
th feature - \mathcal{G}_S $A_1 \rightarrow \mathbb{R}$
 $\sum_{j=1}^m \beta_j \cdot \mathcal{G}_S(I)$ da
 $\vec{y}_0 =$ vettore delle features $\times 1.1$ con
 estratte dal frame corrente
 $\vec{y}_0 = \begin{bmatrix} y_{01} \\ y_{02} \\ \vdots \\ y_{0m} \end{bmatrix}$ $\vec{y} =$ vettore delle m
 estratte dal frame corrente
 $\Sigma =$ matrice di covarianza
 $\Sigma = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\vec{y}_i - \vec{y}_0)(\vec{y}_i - \vec{y}_0)^T$
 "We often do not know which measurement best reflects the system"
 \Rightarrow analisi di $\text{diag}(\Sigma)$
 Diagonalizzazione e vediamo gli autov
 ANALISI DI AUTOV
 LEARNING
 $\square \quad \square \quad \square \quad \square \Rightarrow$ aut
 un
 Since we suppose the L measurements to be mutually independent, the following formula holds for the whole observation y_t :

$$p(y_t|x_t) = \prod_{i \in \mathcal{R}} \lambda_i(x_t) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_i^2(x_t)}} e^{-\frac{(y_{i,t} - y_{i,t}(x_t))^2}{2\sigma_i^2(x_t)}}$$

 of any column of U_T is s...

$$\|e_{\text{range}(Y)}(y_i)\|_2 \leq \sigma_{r+1}$$



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

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

shows [7][8]

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

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

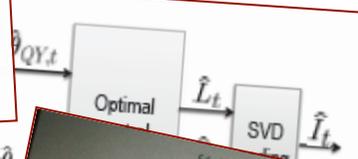
$$\frac{K}{K-p} \hat{\sigma}_p^2 = \frac{1}{K-p} \|y_1 - S_K \hat{\theta}_p(y_1)\|^2.$$

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:

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



where

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

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

the following approximate relation stands:

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

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

$$C = \rho_1(H) L^{-T} V_{\bar{n}} S_{\bar{n}}^{-1/2}$$

$$G = (\rho_1(H^T) L^{-T} U_n S_n^{-1/2})^T, \quad (14)$$

operator selects the first m rows of a ma-

$\sigma(\cdot)$ be the shift operator that, when

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

and (13) and

any Size SVD Decomposition)

$\mathbb{R}^{\mu \times \nu}$, 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

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



Sbocchi professionali

Luca Schenato



Sbocchi professionali

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)



SIEMENS Automazione (Milano):

18/05/2016, Aula Ee, ore 10:30-12:30

SALVAGNINI (taglio lamiera, Vicenza):

19/05/2016, Aula Le, ore 12:30-14:30



Alcuni dati (2013)

LAUREA MAGISTRALE/ SPECIALISTICA	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 (def. Istat)	95,2	83,9	87,0	93,8	98,3	91,9	88,9	84,4
Tasso di disoccupazione	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, indagine 2013)



Alcuni dati (2014)

LAUREA MAGISTRALE/ SPECIALISTICA	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 (def. Istat- Forza Lavoro)	100	95,0	63,0	95,5	92,9			
Tasso di disoccupazione (def. Istat-Forza Lavoro)	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, indagine 2014)



Alcuni dati (2015)

LAUREA MAGISTRALE/ SPECIALISTICA	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 (def. Istat)	92,6	95,2	96,7	97,2	94,6			
Tasso di disoccupazione	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, 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 (def. Istat)	96,0	91,2	82,3	95,5	95,0
Tasso di disoccupazione	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, 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)
- 4 professori: , U. Brescia, U. Padova, U. Lulea Svezia, U. Eindhoven,
- 2 ricercatori: INRIA Grenoble, CNR Torino
- 3 start-upper: Uqido, Brain, Selff
- 5 ingegneri progettisti: Ferrari, Aprilia, McLaren Racing, Infineon, Kerberos

Q&A

Contatti:

E-mail: augusto@dei.unipd.it
ruggero.carli@unipd.it
schenato@dei.unipd.it

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