



UNIVERSITÀ DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE



Laurea Magistrale in Ingegneria dell'Automazione

Augusto Ferrante – Angelo Cenedese – Alessandro Beghi

Offerta didattica e piano di studio (studenti immatricolati a.a. 2014-'15)

Augusto Ferrante

Esami obbligatori

Primo anno (a.a. 2014-'15) - tot. 42 cfu

- 1) Teoria dei sistemi (9 cfu - 1 sem.)
- 2) Controllo digitale (6 cfu - 1 sem.)
- 3) Stima e filtraggio (9 cfu - 2 sem.)
- 4) Laboratorio di controllo (9 cfu - 2 sem.)

+Almeno 1 esame a scelta tra

- 5a) **Real and Complex Analysis** (9 cfu - 1 sem.)
- 5b) Fisica matematica (9 cfu - 2 sem.)

Esami obbligatori

Secondo anno (a.a. 2015-'16) - tot. 24 cfu

- 1) **System Identification** (9 cfu - 1 sem.)
- 2) Progettazione di sistemi di controllo (9 cfu - 1 sem.)

+ *Almeno 1 esame a scelta tra*

- 3a) Automazione industriale (6 cfu - 2 sem.) (1 anno !)
- 3b) **Advanced Topics in Control** (6 cfu - 2 sem.)

Esami a scelta vincolata

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

- 1) Elettronica analogica - 1 sem.
- 2) **Power Electronics** - 1 sem. (II anno !)
- 3) Dati e algoritmi 2 - 1 sem.
- 4) **Mathematical Programming** - 1 sem.
- 5) Sistemi di misura per l'automazione - 1 sem.
- 6) **Telecommunications networks** - 1 sem.
- 7) Elaborazione numerica dei segnali - 1 sem.

Esami a scelta vincolata

Almeno 21 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 multivariabili (6 cfu - 2 sem.) - a.a. 2015-16
- 6) Sistemi multivariabili B (6 cfu - 2 sem.) - a.a. 2014-15
- 7) **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 (18 cfu)

Altre conoscenze utili per l' inserimento nel mondo del lavoro (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

Angelo Cenedese

- ❑ Networked Control Systems
- ❑ Smart Camera Networks
- ❑ Industrial Communication Systems
- ❑ Control Theory (Switched Systems-Behaviors)
- ❑ System Identification
- ❑ Quantum Control and Quantum Information
- ❑ Advanced Control Applications



The screenshot shows the homepage of the Automatica website. At the top, the title "Automatica" is displayed in large blue letters, followed by the department names: "DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING", "DEPARTMENT OF ENGINEERING AND MANAGEMENT", and "DEPARTMENT OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS". To the right is the University of Padua logo and name. Below the header is a navigation menu with links for "News & Events", "People", "Projects", "Seminars", "Publications", and "Contact". A search bar is located on the right side of the menu. The main content area features a "Latest news" section with two entries: a seminar on June 18, 2013, and a meeting with ANIPLA. To the right of the news is a large image of a red car on a test rig with the word "Automotive" below it. Below the news and image 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. Pillonetto



S. Pinzoni



L. Schenato



F. Ticozzi



M.E. Valcher



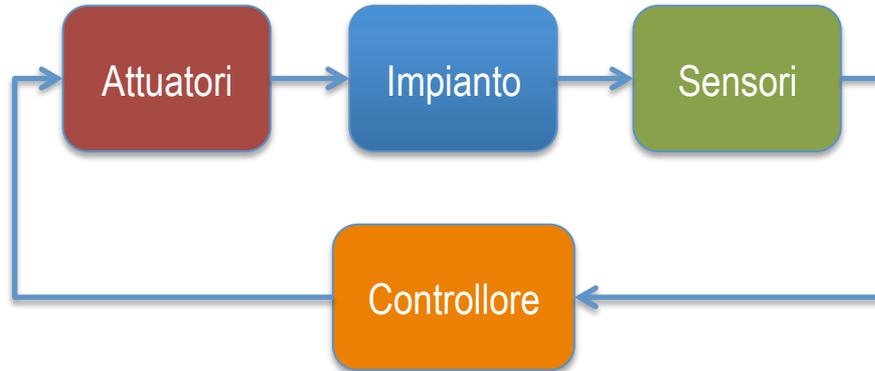
S. Vitturi



S. Zampieri

Networked Control Systems (NCSs)

Architettura classica centralizzata



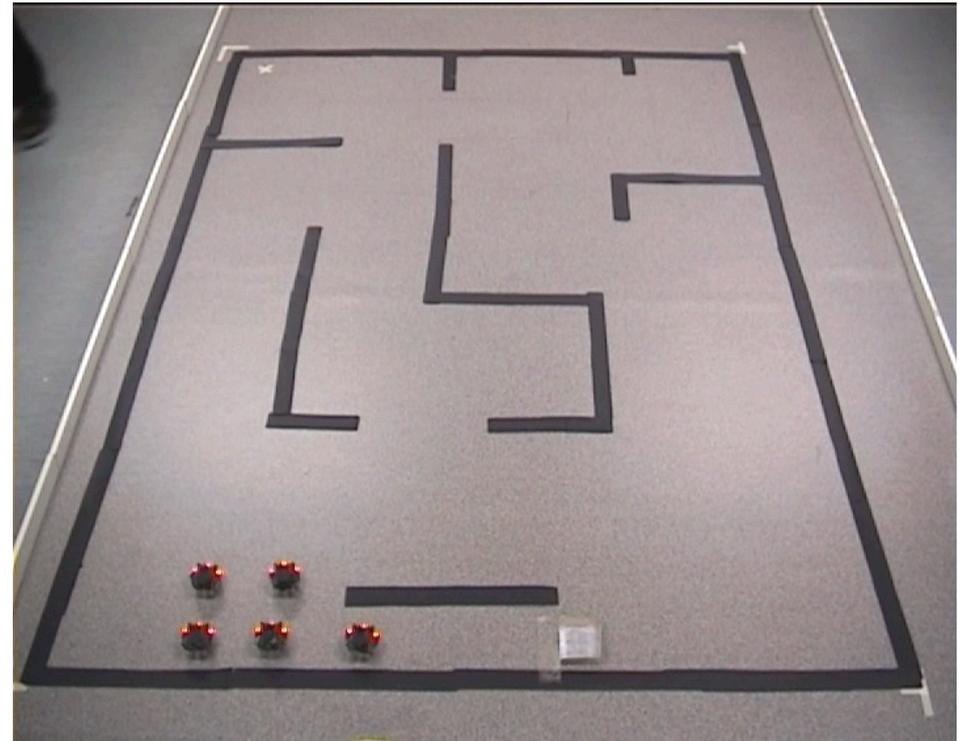
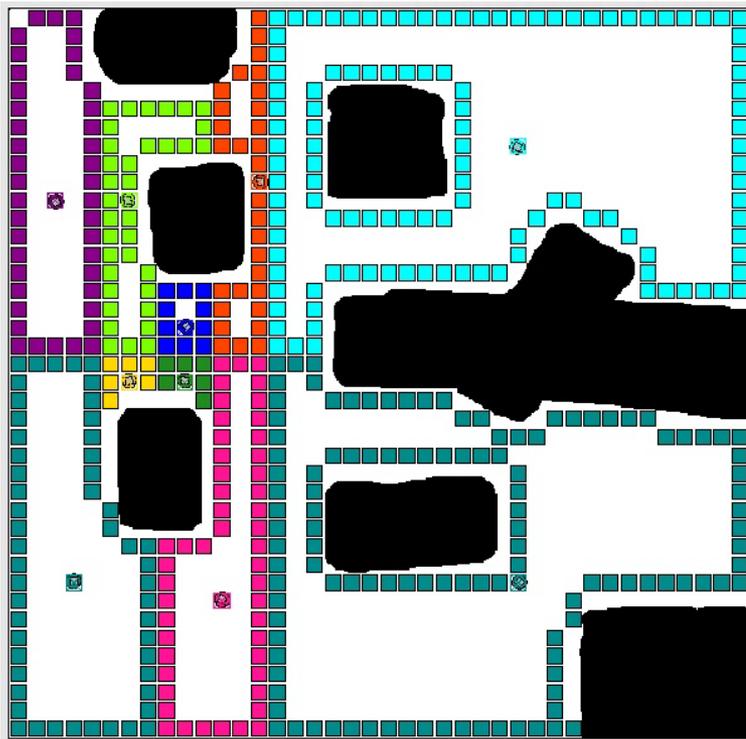
Struttura distribuita su larga scala



Cooperation in agent networks and robotic networks

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)



Wireless sensor networks: environmental monitoring

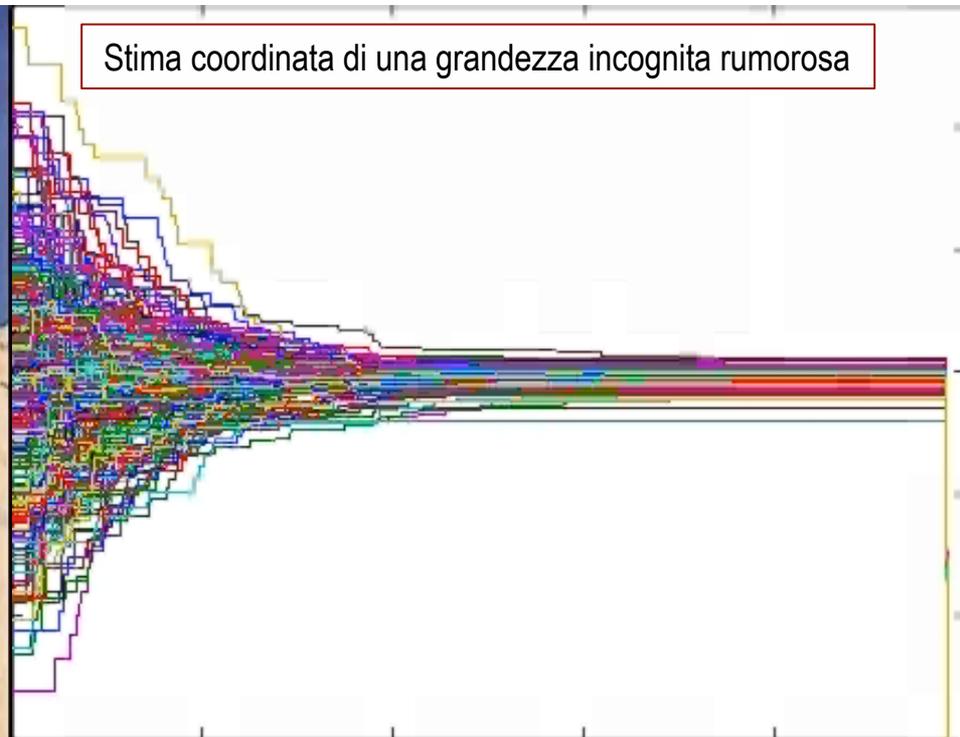
Hot topics:

- ❑ Sistemi multiagente autonomi per monitoraggio ed esplorazione ambientale in scenari critici
- ❑ *Learning together*: moto coordinato per la stima di parametri ambientali

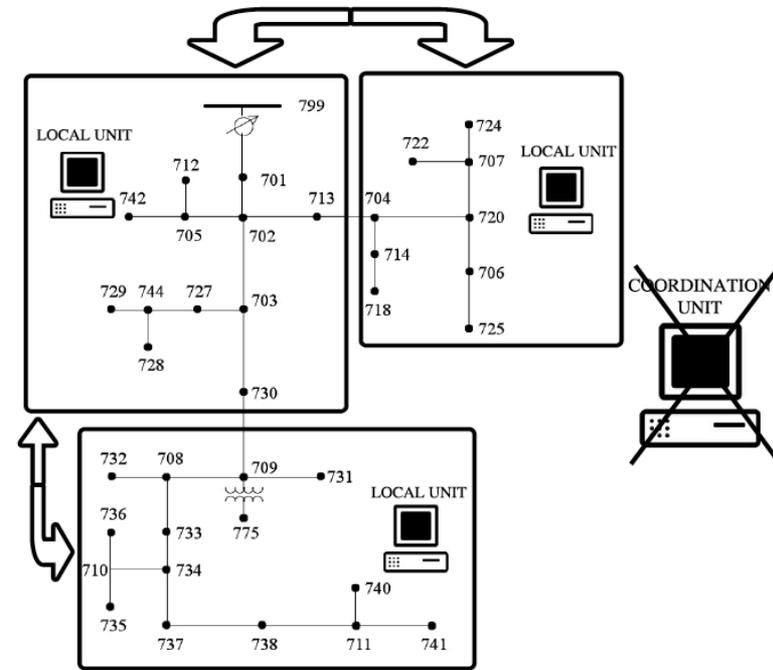
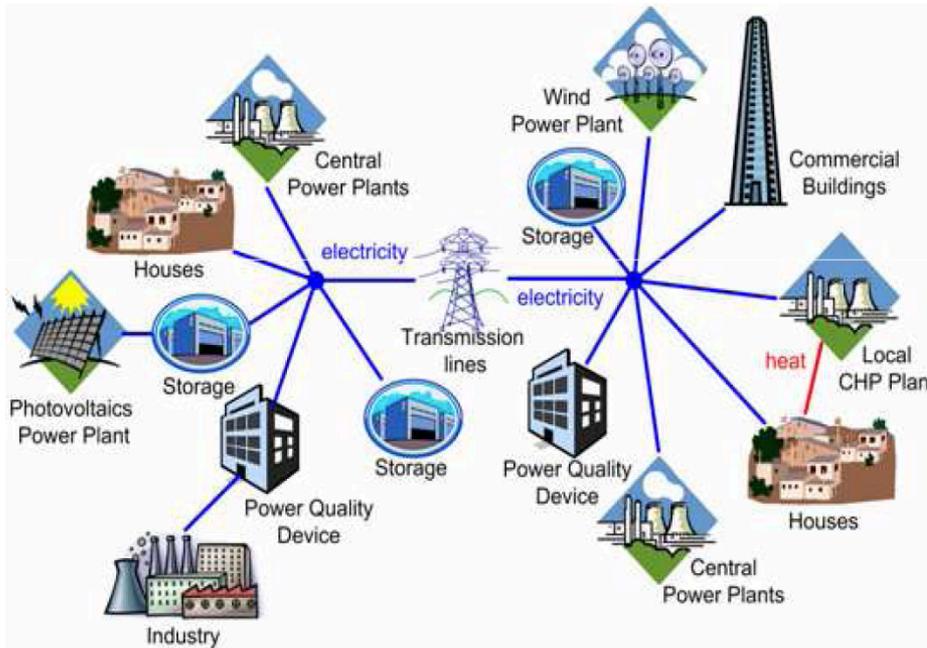
Droni in moto caotico/ordinato per il recupero di informazione



Stima coordinata di una grandezza incognita rumorosa



Smart Power Grids



Hot topics:

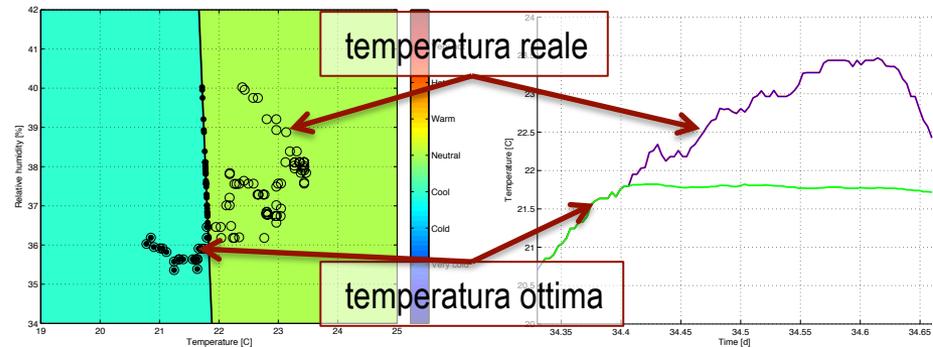
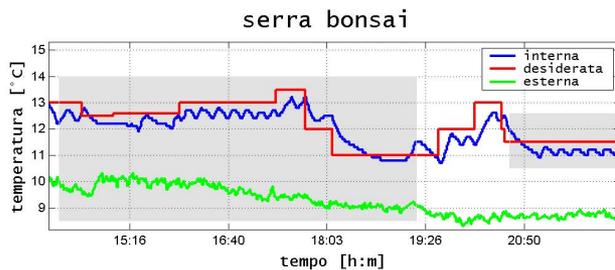
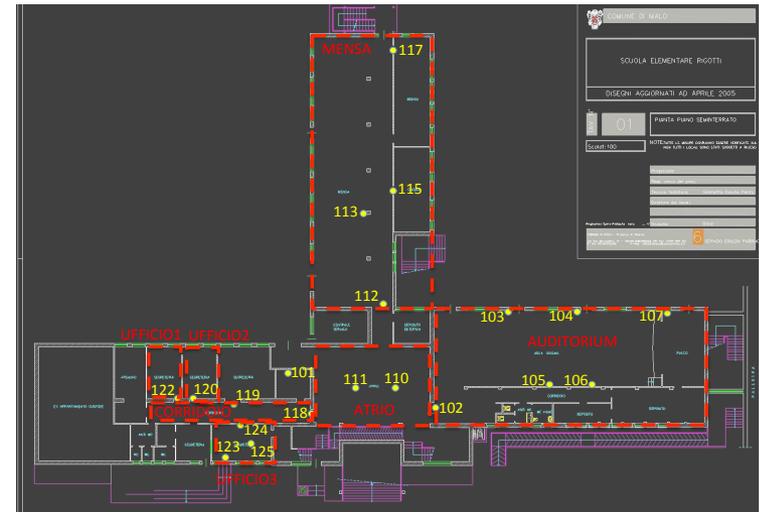
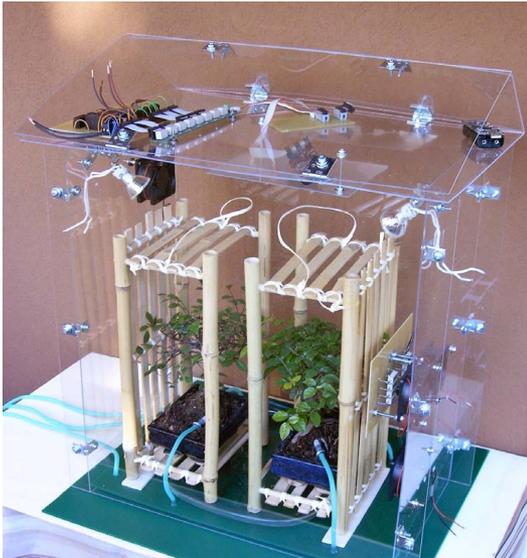
- Compensazione armonica.
- Stabilizzazione delle tensioni.
- Programmazione dei carichi.
- Minimizzazione delle perdite di potenza.

info: schenato@dei.unipd.it

Smart house: indoor monitoring and smart domotics

Hot topics:

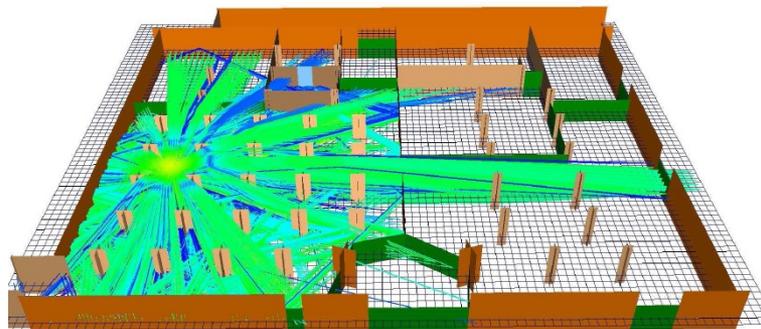
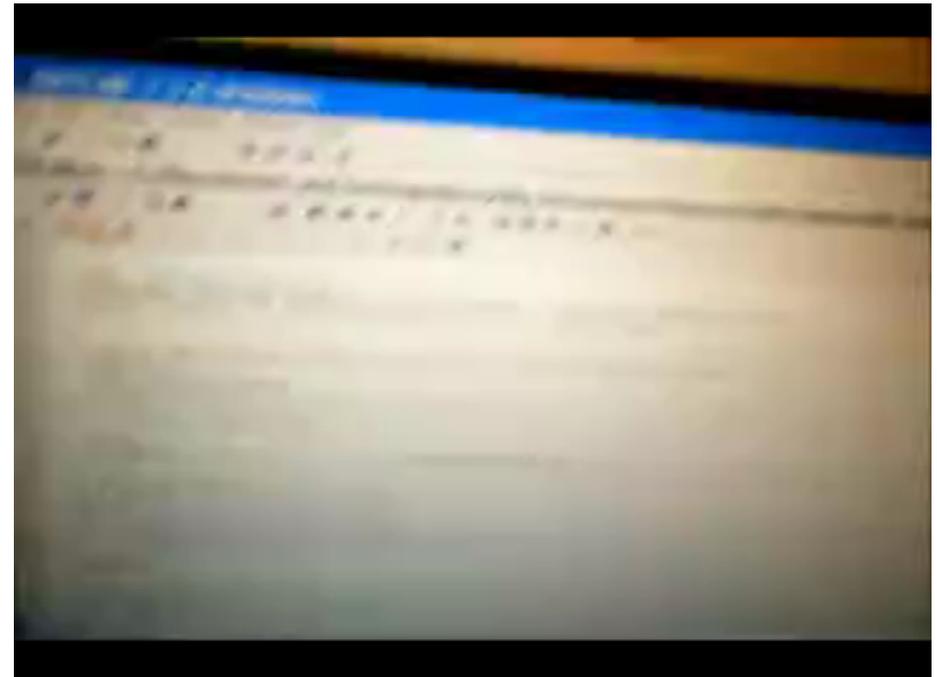
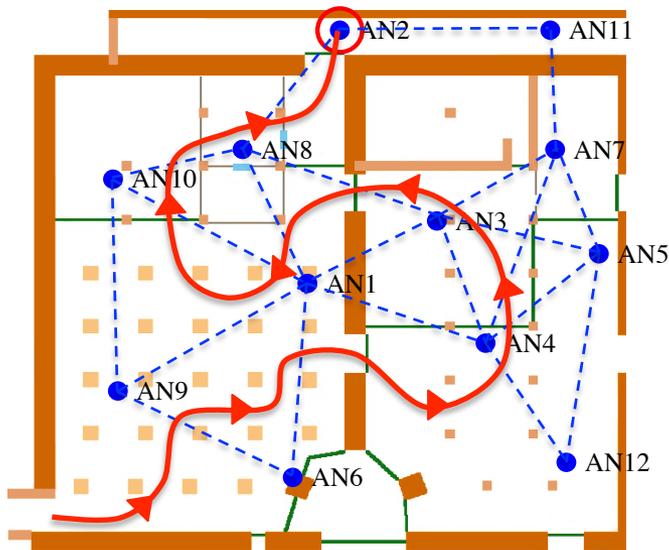
- ❑ Reti multiagente multiobiettivo a risorse limitate: coordinazione distribuita di sensori e attuatori
- ❑ Cooperazione per task complessi attraverso interazione locale: ottimizzazione di funzionali globali



Smart house: localization and tracking

Hot topics:

- ❑ Metodologie e algoritmi robusti per localizzazione e tracking
- ❑ Posizionamento ottimo di sensori



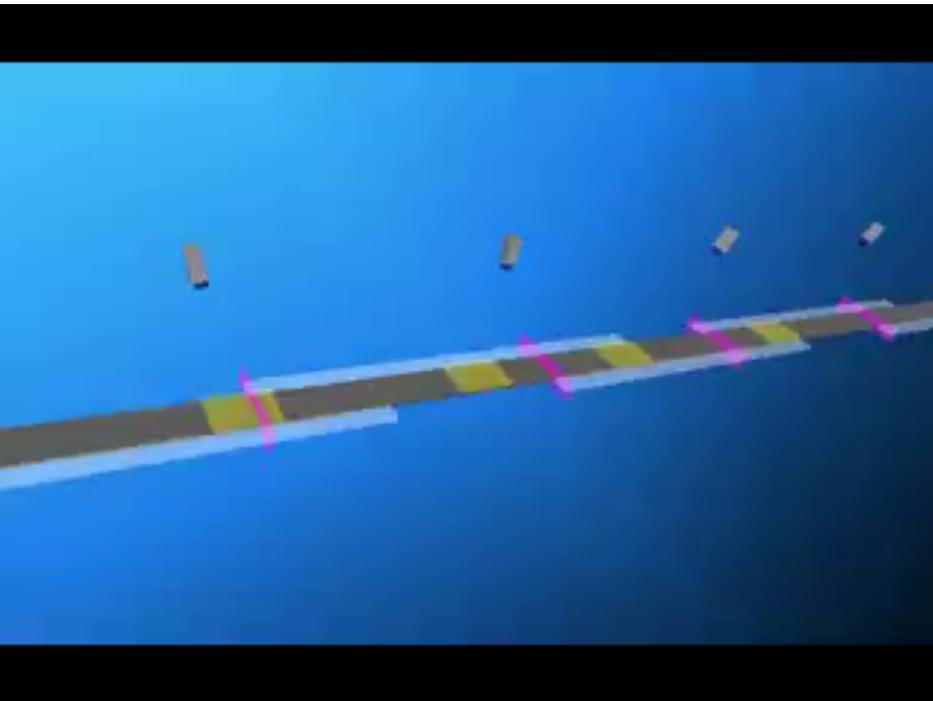
info: angelo.cenedese@unipd.it

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

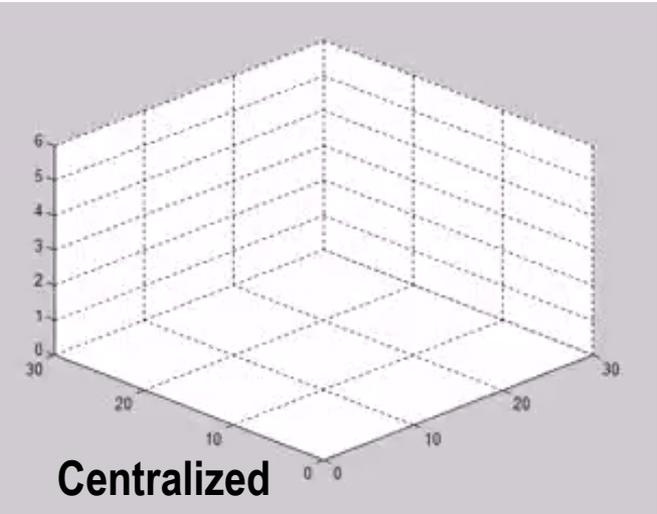
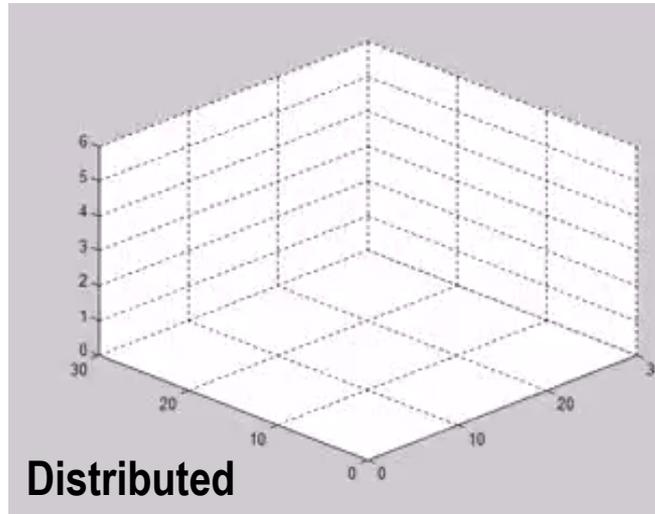
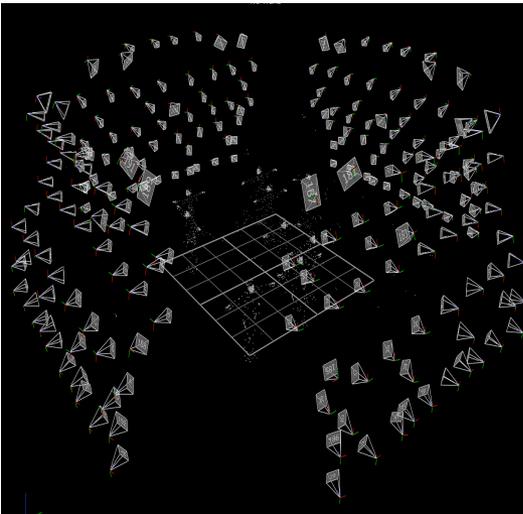
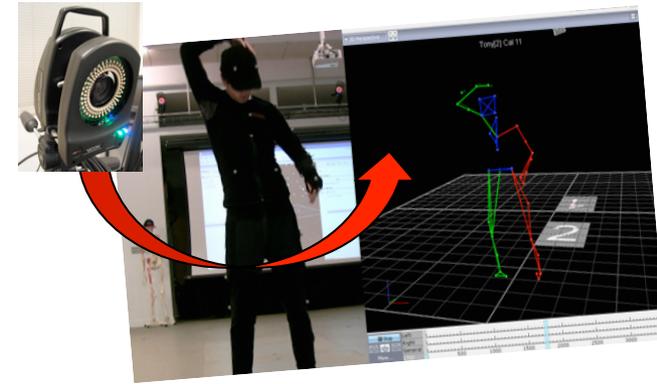


info: angelo.cenedese@unipd.it

Dense camera networks: motion capture

Hot topics:

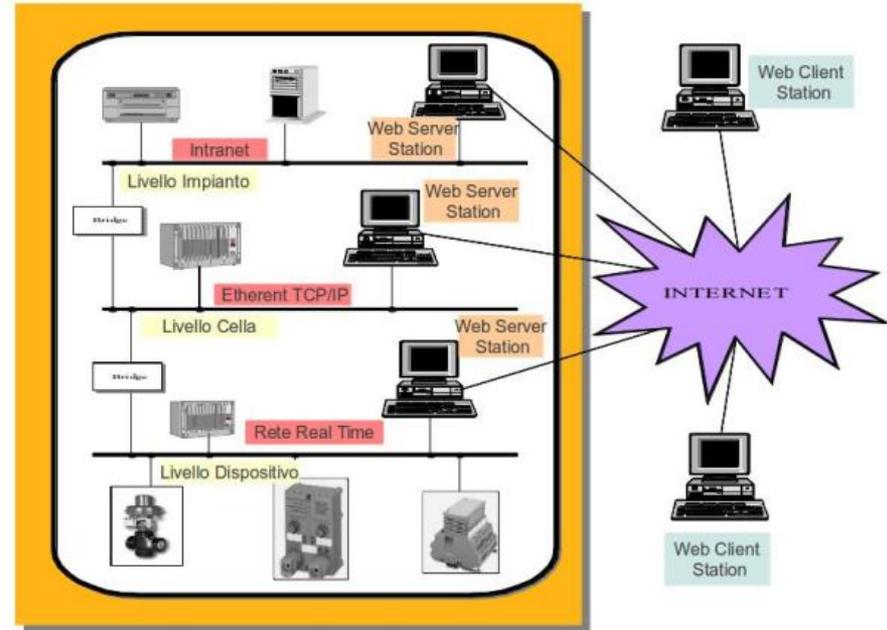
- ❑ Metodologie distribuite per ricostruzione 3D in large scale scenarios
- ❑ Stima dell'errore di ricostruzione



info: angelo.cenedese@unipd.it

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

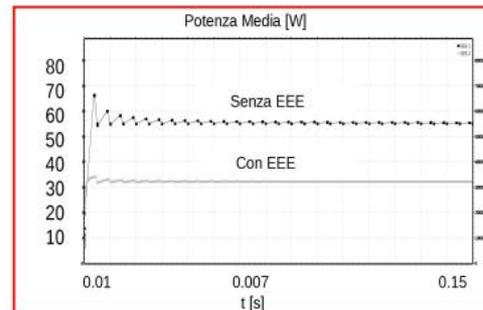


Hot topics:

- ❑ 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

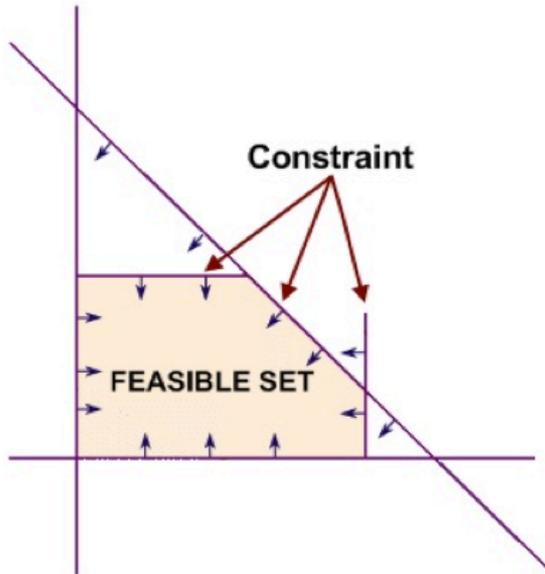
Introduzione di una tecnica EEE

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



info: vitturi@dei.unipd.it

Switched Systems and Behaviors



SWITCHED SYSTEMS AND 2D-SYSTEMS:

- Drug treatment modeling

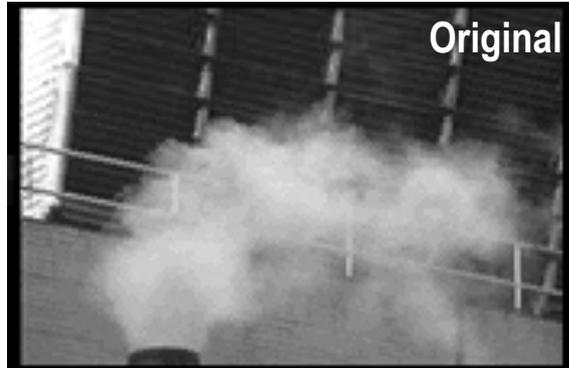
People: M. Bisiacco, E. Fornasini, M.E. Valcher

Contact person: M.E. Valcher

Related projects: --

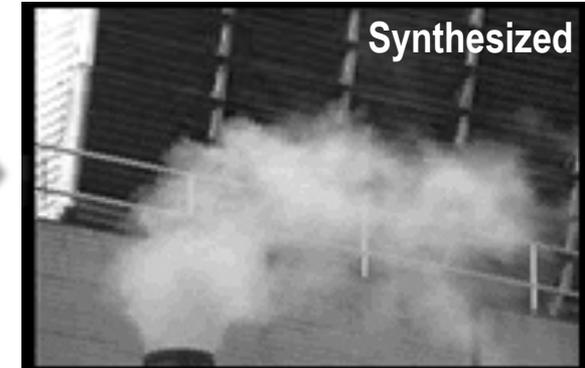
Identification, estimation and synthesis

Computer Vision



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

Modello "Identificato"

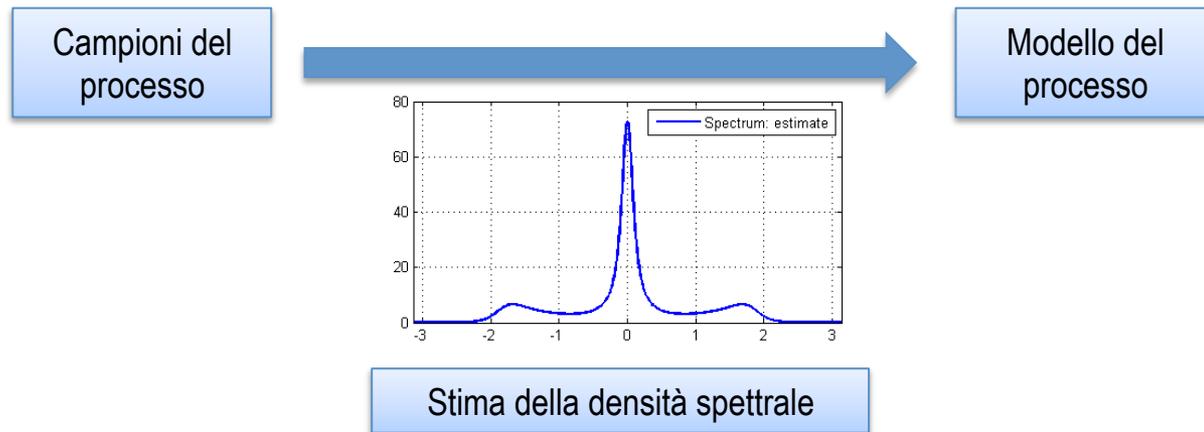


Speech processing

Speech recognition: who & what

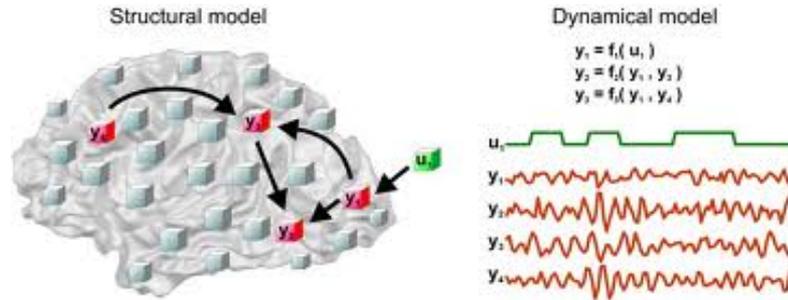


High resolution spectral estimation

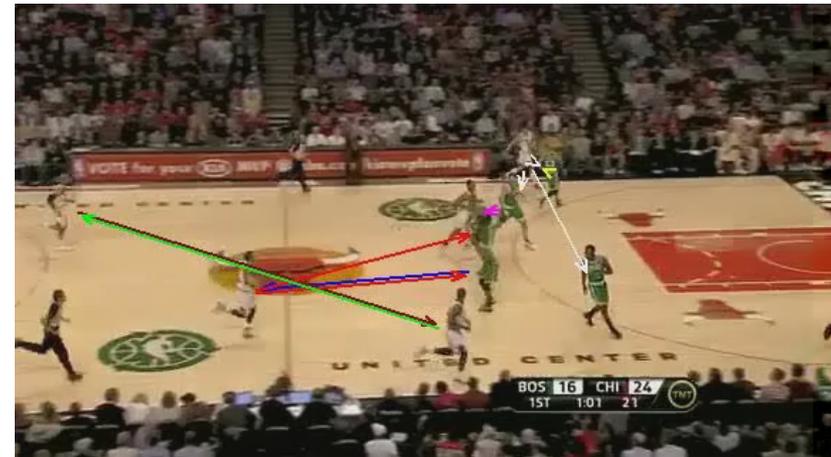
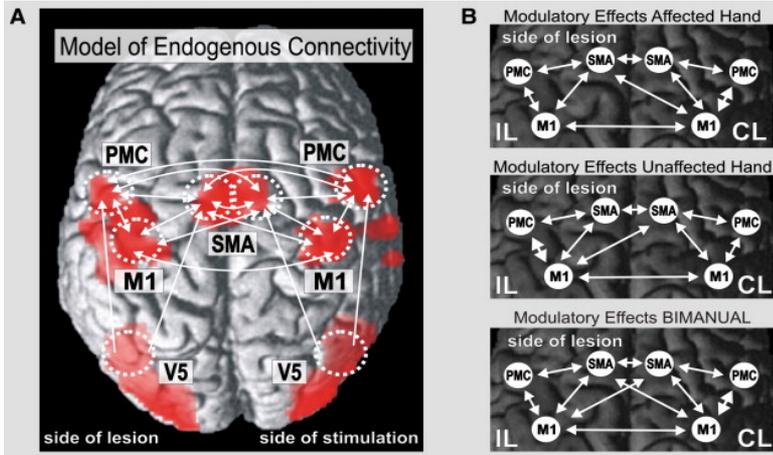


Dynamic structure modeling

Effective Connectivity



Dynamic relations (who influences/is influenced by who)

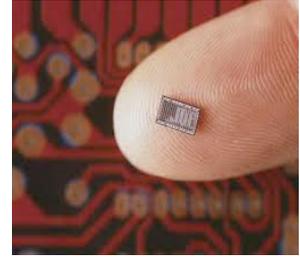


info: chiuso@dei.unipd.it

L'avvento di una nuova generazione di tecnologie

Miniaturizzazione delle tecnologie fino a poche molecole:

effetti quantistici non più trascurabili;



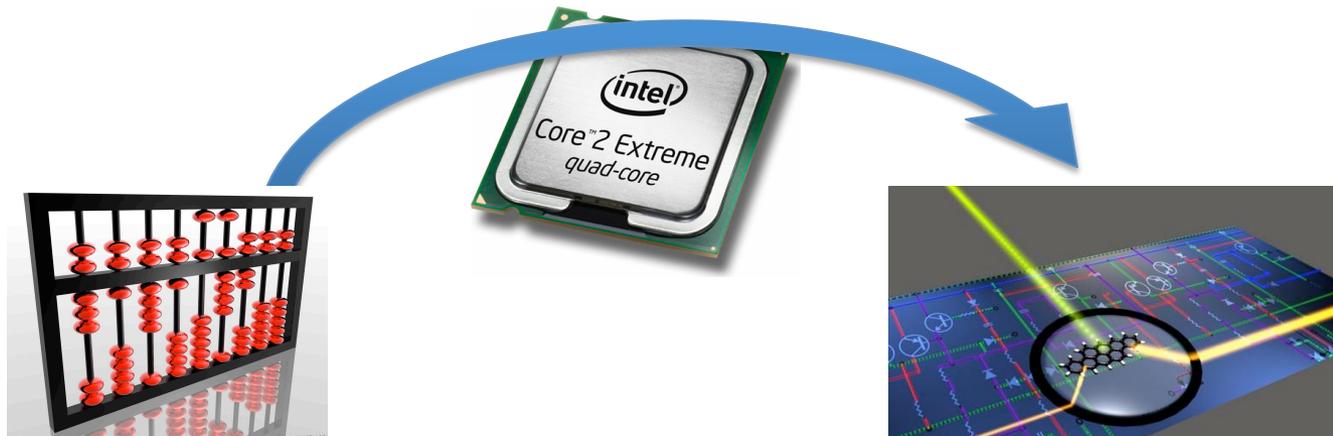
Vantaggi delle tecnologie quantistiche:

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

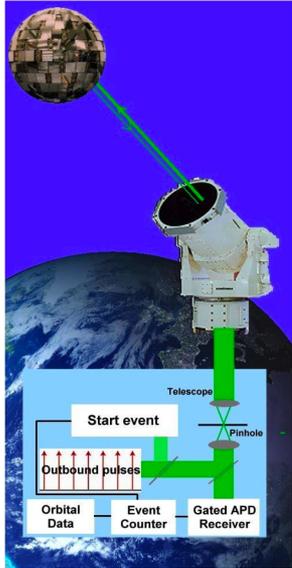
Algoritmi per simulazione, fattorizzazione e ricerca più veloci

Crittografia può essere resa intrinsecamente sicura

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



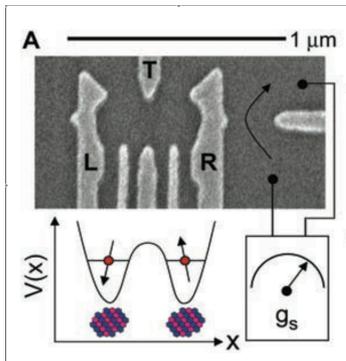
Argomenti di ricerca nel gruppo



- **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.

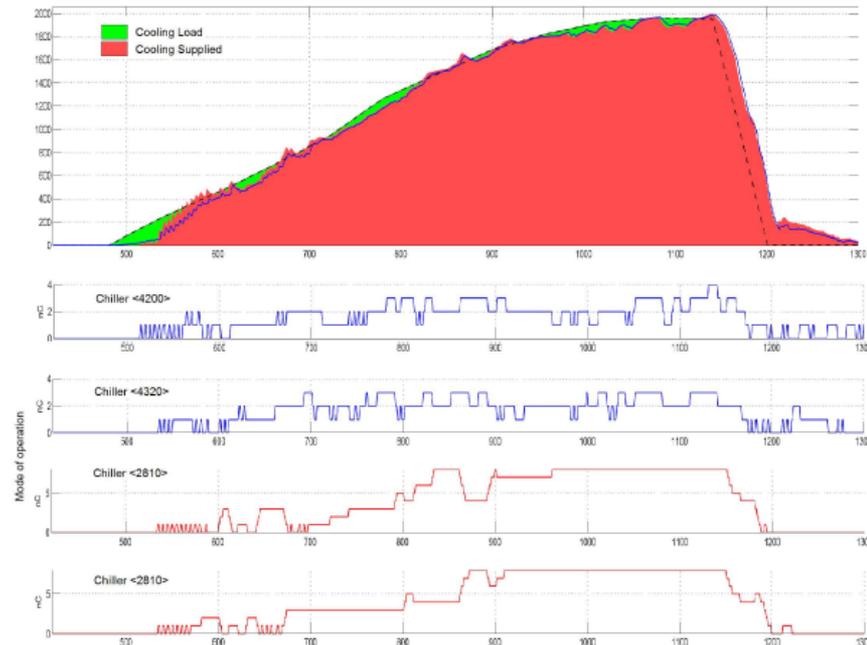
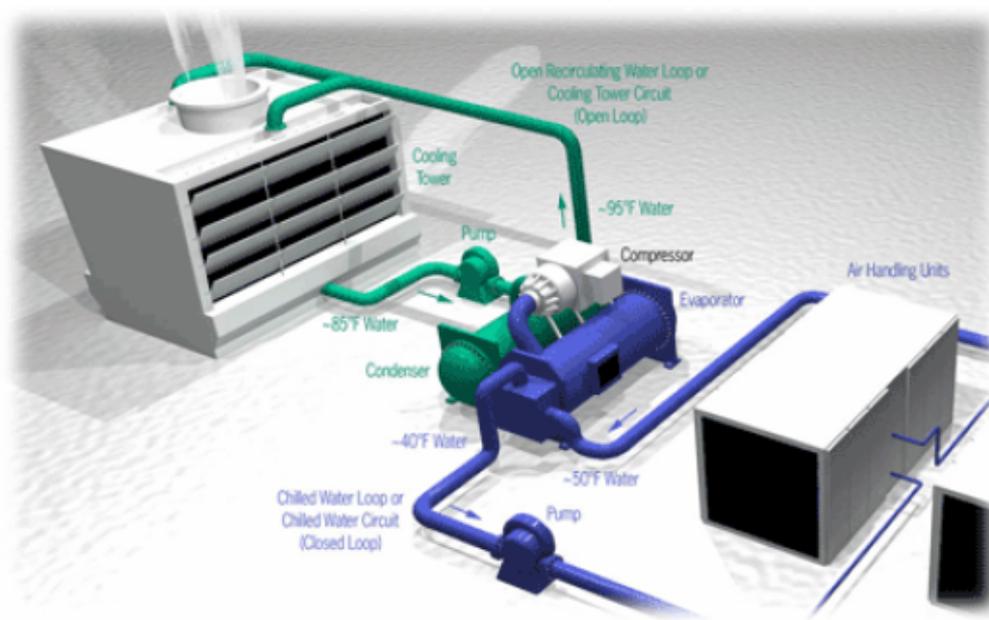


- **Codifica e comunicazione quantistica:** Il gruppo è parte del progetto strategico *QuantumFuture*, in cui si mira allo sviluppo teorico e sperimentale di protocolli di comunicazione quantistica, crittografia, generazione di numeri casuali, e applicazioni spaziali.

Modellistica e controllo di sistemi HVAC&R

Hot topics:

- Derivazione di modelli dinamici multifisici di componenti ed impianti
- Rilevazione di guasti a partire da grandi moli di dati
- Ottimizzazione di impianti complessi (sistemi multi chiller, impianti di sistemi cogenerazione, etc.)
- Controllo predittivo di impianti con accumulo termico

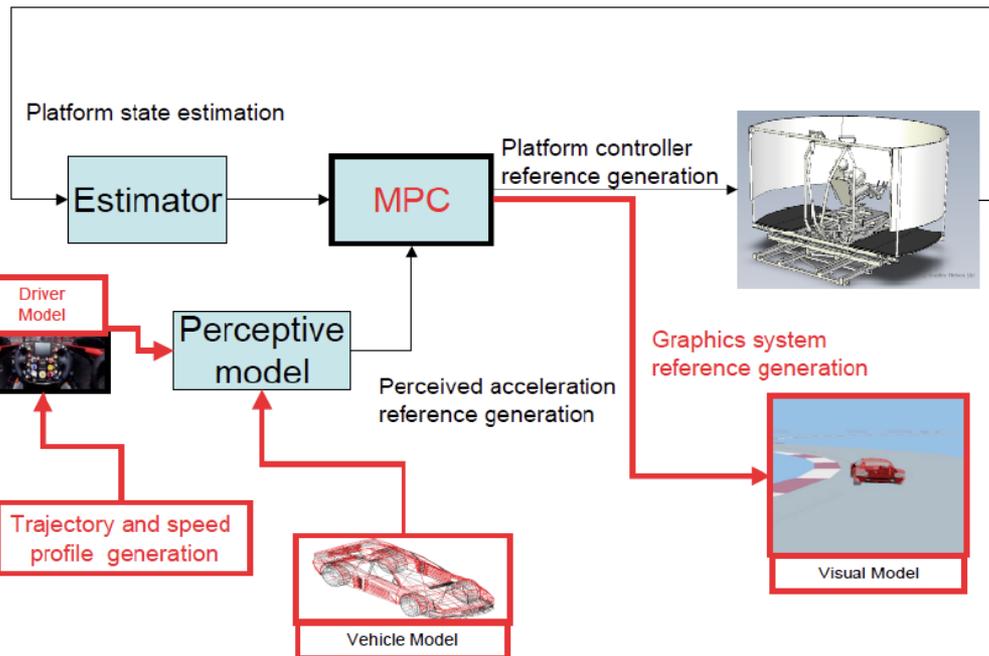


info: beghi@dei.unipd.it

Modellistica e controllo di veicoli

Argomenti di ricerca:

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

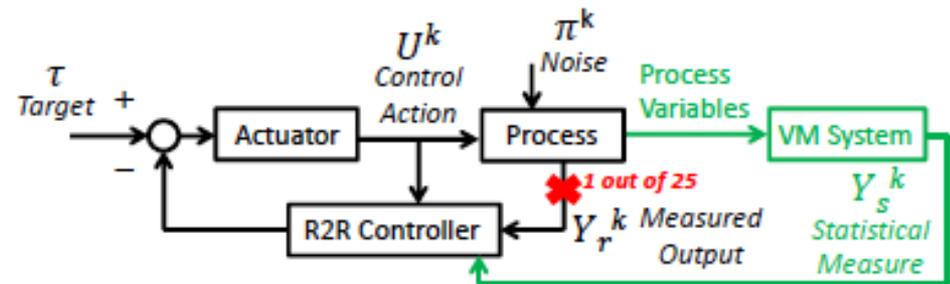
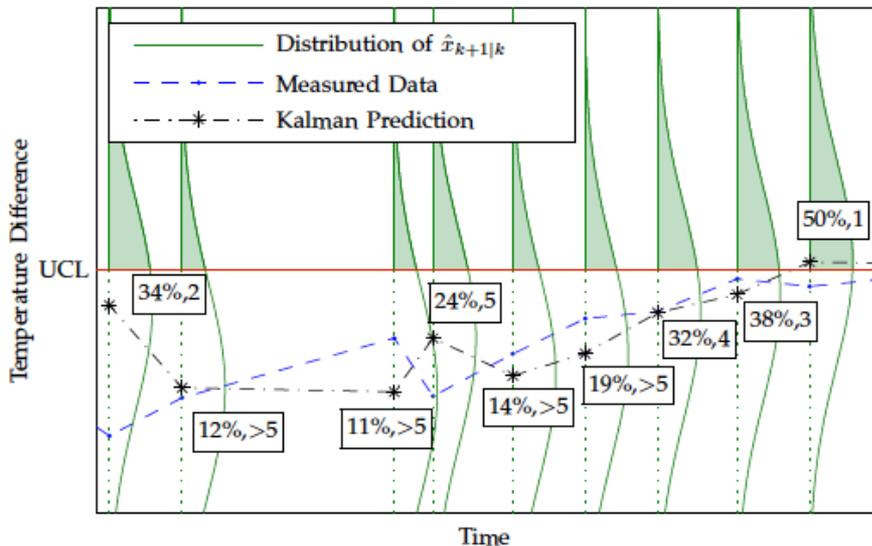


info: beghi@dei.unipd.it

Machine learning per il controllo di processo

Hot topics:

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

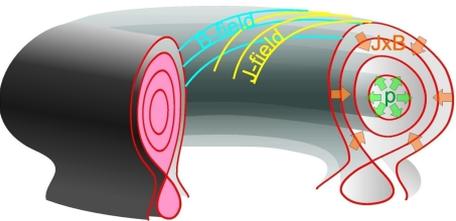
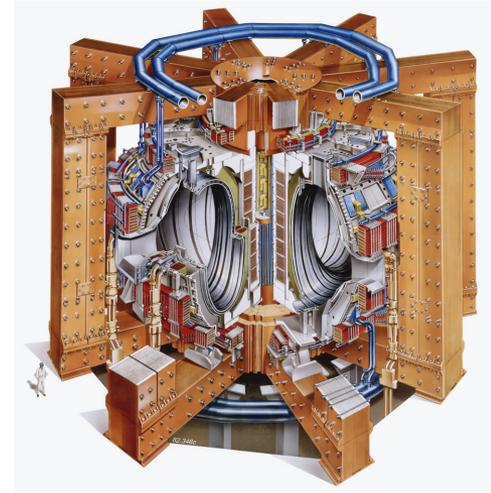


info: beghi@dei.unipd.it

Plasma Physics and Fusion

Configurazione magnetica (tokamak – reverse field pinch):

- La creazione di una “gabbia” magnetica permette il confinamento del plasma e l’avvenimento di reazioni di fusione nucleare
- Equilibrio governato dall’equazione di Grad-Shafranov (eq. non lineare ellittica)
- Controllo attivo dei parametri di forma e della corrente di plasma

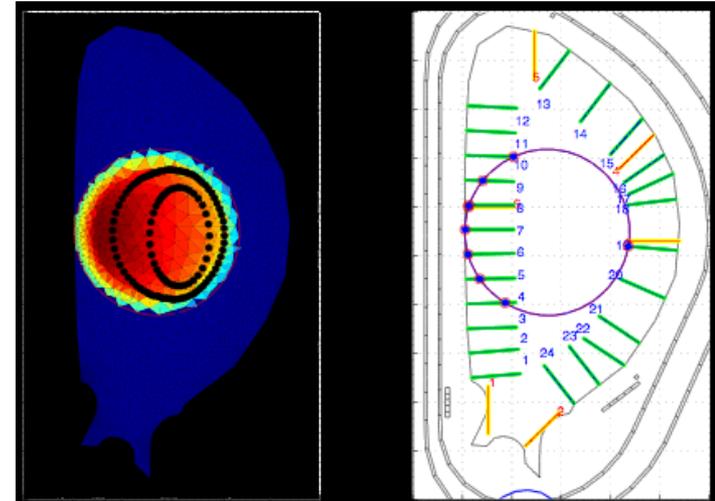


$$J_p(\psi) \propto \mathcal{L}(\psi) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu_r} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{\mu_r r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) = F(r, \psi)$$

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{1}{\mu_r} \frac{\partial \psi}{\partial z} \right) + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{\mu_r r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) = -f(\psi) \frac{df(\psi)}{d\psi} - \mu_0 r^2 \frac{dp(\psi)}{d\psi}$$

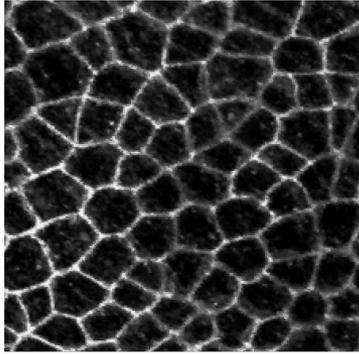
Attività di ricerca:

- Modellistica di plasma in regime statico e dinamico
- Ricostruzione delle mappe di flusso a partire da misure sparse
- Ricostruzione del boundary di plasma per *real-time control*
- Ottimizzazione della scelta/posizione dei sensori per *real-time control*



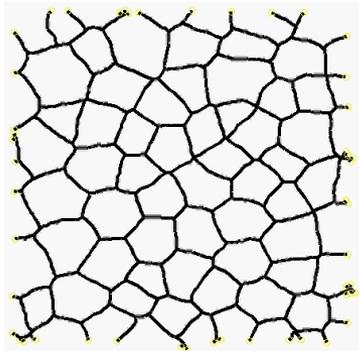
info: angelo.cenedese@unipd.it

Bioimaging and modelling



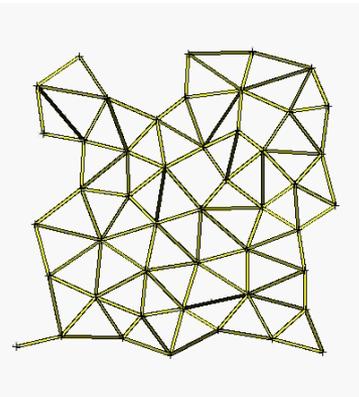
Modellistica e identificazione di sistemi biologici:

- Le strutture cellulari, i tessuti, le cellule isolate sono sistemi dinamici
- Le metodologie di visione computazionale sono un primo passo per il loro rilevamento, identificazione, modellistica



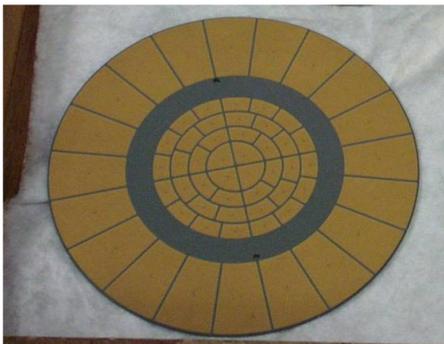
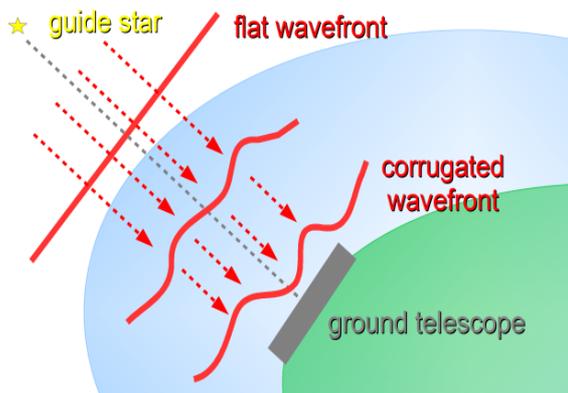
Argomenti di ricerca:

- Utilizzo di modelli network, per rilevare e rappresentare strutture complesse come gli agglomerati cellulari
- Studio della deformazione attraverso tecniche di registrazione di l'ottimizzazione di grafi
- Interazione fra i nodi vicini attraverso tecniche e modelli di meccanica statistica (modello di Ising e derivati)



info: angelo.cenedese@unipd.it

Adaptive optics systems



VLT-ELT Very/Extremely Large Telescopes:

Grandi telescopii terrestri con specchi primari segmentati di 8-42 m di diametro

Ottiche adattative: sistemi di attuazione che deformano lo specchio secondario per compensare gli effetti di aberrazione indotte dall'attraversamento degli strati dell'atmosfera da parte dei raggi luminosi provenienti dai corpi celesti

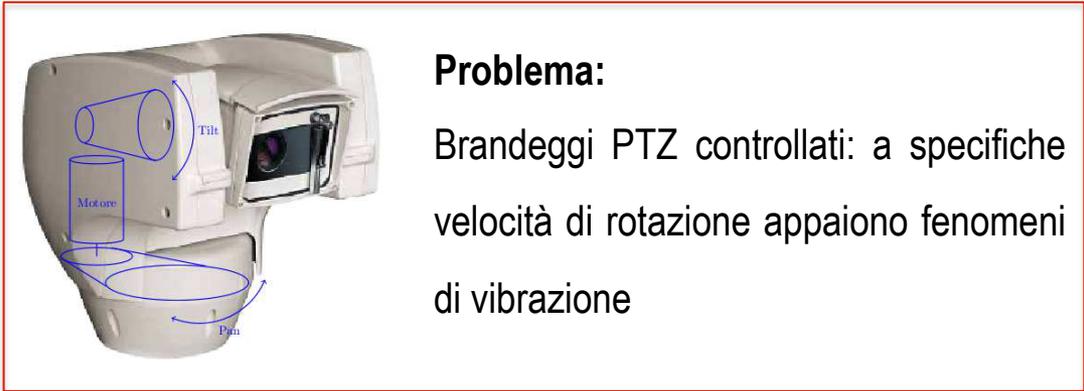
Argomenti di ricerca:

- Approcci multirisoluzione per la rappresentazione della turbolenza atmosferica
- Tecniche di identificazione e predizione della turbolenza
- Controllo dello specchio e correzione della turbolenza

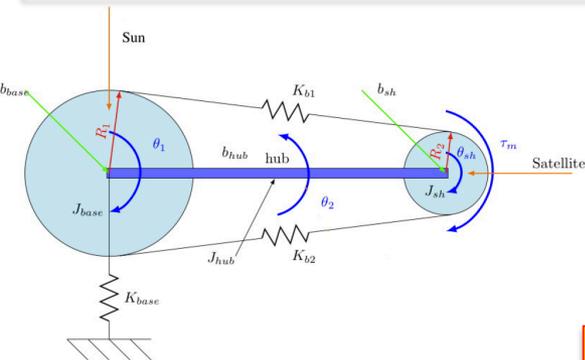
info: beghi@dei.unipd.it



Mechatronic systems: vibration mitigation and position control

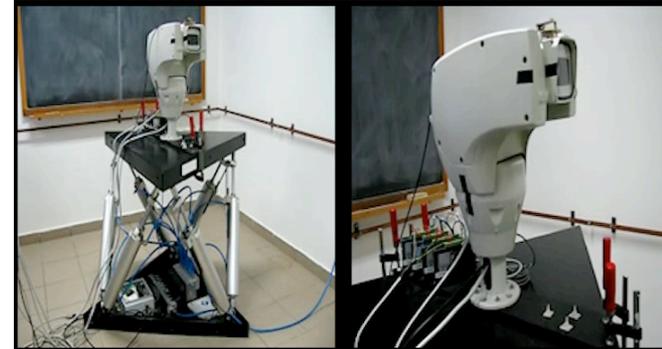
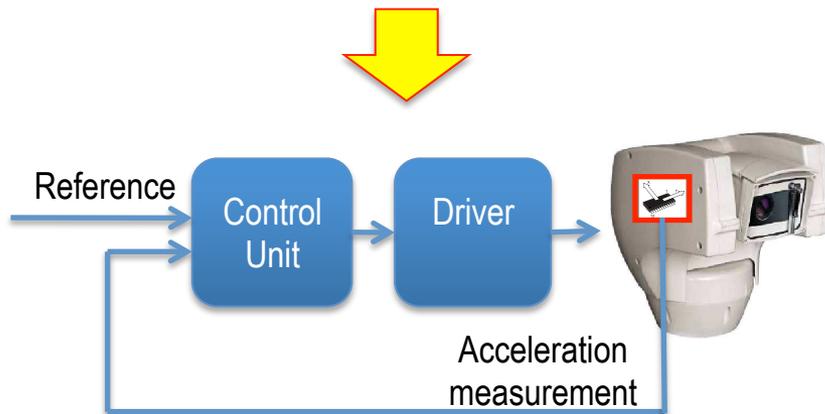


Problema:
 Brandeggi PTZ controllati: a specifiche velocità di rotazione appaiono fenomeni di vibrazione

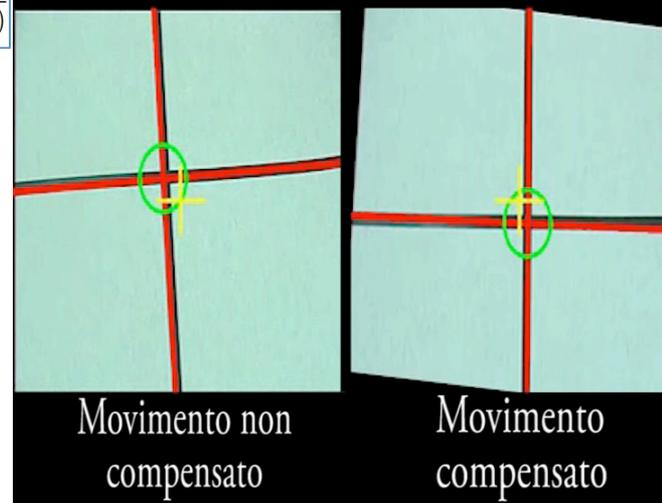


$$\frac{\Theta_2(s)}{\Theta_u(s)} = \frac{(s^2 + 2\xi_{z1}w_{z1}s + w_{z1}^2)}{(s^2 + 2\xi_{p1}w_{p1}s + w_{p1}^2)} \times \dots$$

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



Insieme piattaforma più brandeggio con profilo di movimento onduoso

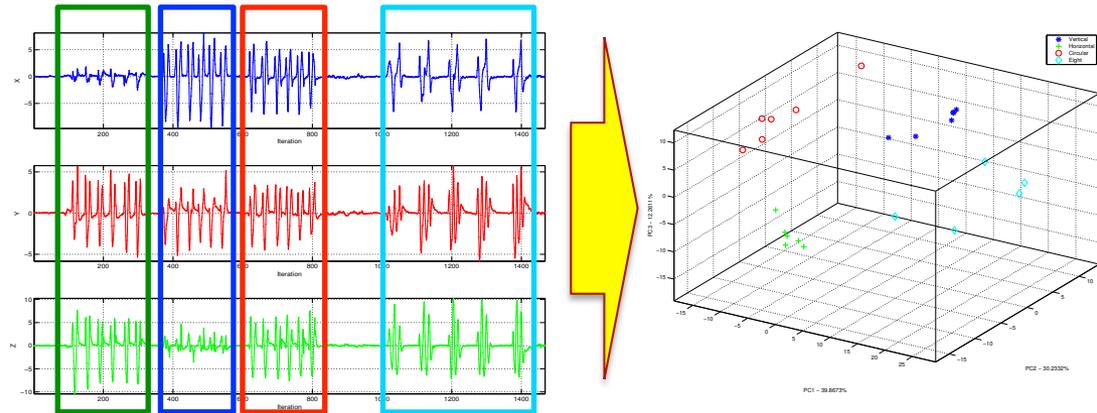


info: angelo.cenedese@unipd.it

Big Data and time-series analysis

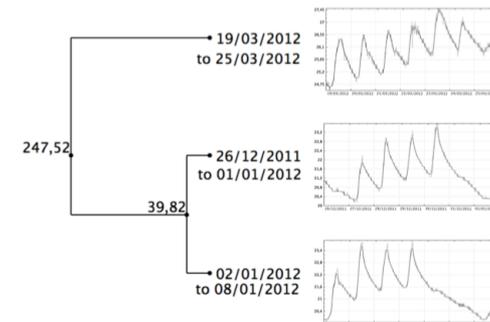
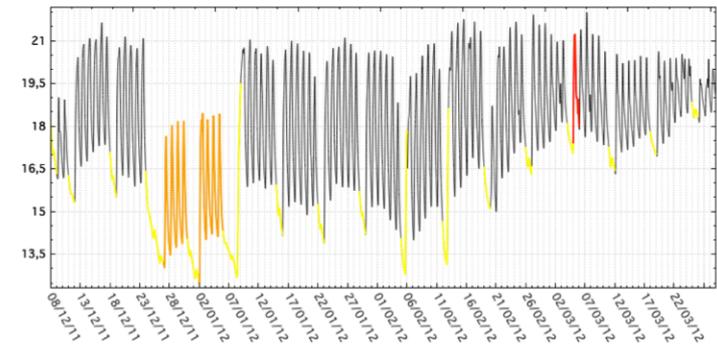
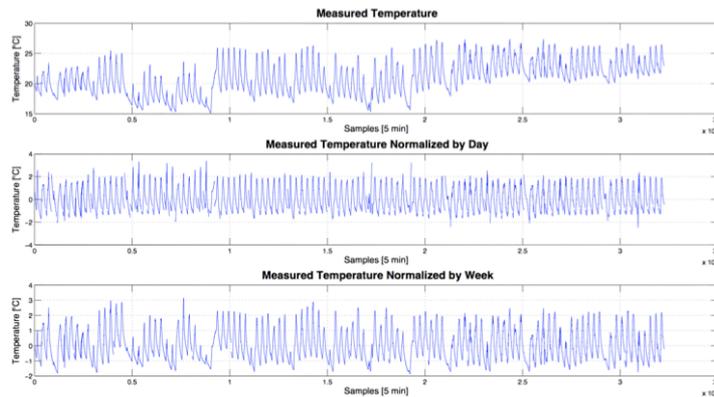
Identificazione e classificazione di gesti

- Learning e classificazione di gesti
- Vocabolario che consenta la clusterizzazione



Rilevamento di anomalie in serie temporali

- Rappresentazione simbolica compatta
- Clustering gerarchico e anomaly detection



NAVLAB & MAGIC

NavLab (Autonomous Navigation and Computational Vision Laboratory)

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



Resp.: angelo.cenedese@unipd.it

MAGIC Lab (Multi-AGent Intelligent Control Laboratory)

- HighSpeed Motion Capture system
- Flying arena?



Resp.: schenato@dei.unipd.it

Collaborazioni



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 vect
ind

L immagini in training
m features relative alla forma i/d "valore"
j-th feature: β_j $A \rightarrow \mathbb{R}$

$\beta_0 =$ valore delle features i: i con
stratte dal frame corrente

$\beta_0 =$ valore delle m
 $\Sigma =$ matrice di

$\beta_0 = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix}$

$\Sigma = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\beta_i - \beta_0)(\beta_i - \beta_0)^T$

Definito
 \mathbb{R}^m and
error of
receiving
account the
missed signals

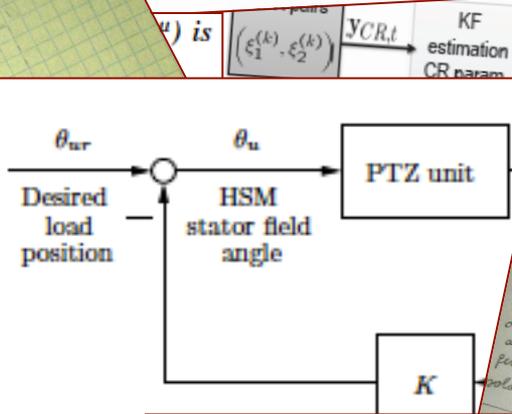
and
 $p(\hat{y}_t | x_t) = \lambda_t(x_t)$

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

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

of any co
columns of U_r is S_{rr}

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



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

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

shows [7][8]

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

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

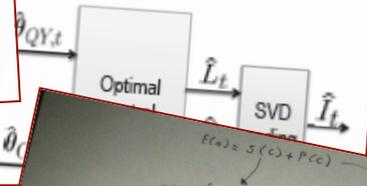
$$\frac{K}{K-p} \hat{\sigma}_p^2 = \frac{1}{K-p} \|y_1 - S_K \hat{\theta}_p(y_1)\|^2.$$

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

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

$$\begin{cases} U_n = U(:, 1:n) \\ S_n = S(1:n, 1:n) \\ V_n = V(:, 1:n) \end{cases}$$

the following approximate relation stands:

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

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

$$\begin{aligned} C &= \sum_{i=1}^m (H^T L^T U_n S_n^{-1/2})^T \\ G &= \sum_{i=1}^m (H^T L^T U_n S_n^{-1/2})^T \end{aligned} \quad (14)$$

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

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

and (13) and

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

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

Sbocchi professionali

Alessandro Beghi

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 aziende ed enti nei 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)

Mercato del lavoro

	AUT	TLC	BIO	ELE	INF	ING UNIPD	ING NAZIONALE
Età alla laurea	26	26,1	25,4	25,3	25,6	26	26,7
Voto di laurea	105,4	105,3	101,3	104,5	105,1	103,3	106,4
Durata degli studi	2,7	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	3,0
Tasso Occupazione a 1 anno dalla laurea	95,2%	83,9%	87,0%	93,8%	98,3%	87,6%	84,4%
Stipendio netto medio (al mese) (Euro)	1340	1116	1197	1319	1254	1221	1259

Dati AlmaLaurea 2013

Q&A

Contatti:

E-mail:

augusto@dei.unipd.it
angelo.cenedese@unipd.it
beghi@dei.unipd.it

Webpage:

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