



Introduzione al Controllo Distribuito dei Processi

Paolo Fiorini
Dipartimento di Informatica



Networks for Process Control, June 1st 2007



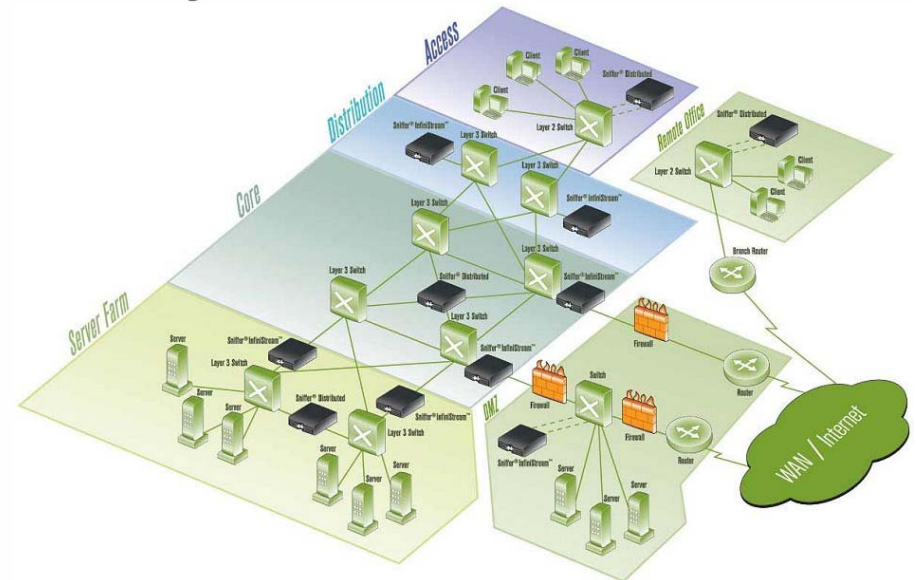
Summario

- Evoluzione dell'Informatica
- Introduzione al Controllo di Processo
- Il Controllo Distribuito
- Protocolli di comunicazione
- Principali caratteristiche
- Problemi e Soluzioni
- Le Attività @ Altair



Evoluzione dell'Informatica

- **dai computer ('60-'80):**
 - sistemi generali per la soluzione di problemi generici
- **ai sistemi embedded ('80-'90):**
 - sistemi specializzati per la soluzione di problemi specifici
- **ai sistemi distribuiti ('90-'00):**
 - sistemi generali e/o specializzati cooperanti attraverso una rete
- **ai sistemi pervasivi ('00-):**
 - sistemi distribuiti embedded integrati in ogni oggetto



Sistemi Pervasivi

- Richiedono:
 - integrazione di sistemi eterogenei
 - progettazione con competenze specifiche ma:
 - necessità di visione generale
 - necessità di conoscere le relazioni tra le competenze
 - competenze integrate:
 - **calcolo**
 - **controllo**
 - **comunicazione**



Controllo di Processo

- Un processo è una attività dedicata alla esecuzione di una operazione (task) complesso.
- Un processo può essere **locale** oppure **remoto**
- Un processo può scambiare dati mediante sistemi di comunicazione
- Il controllo può essere **centralizzato** o **distribuito**
- Il **controllo di processo** è una disciplina ingegneristica che tratta l'**architettura**, i **meccanismi** e gli **algoritmi** per controllare i prodotti di un certo processo. Coinvolge aspetti di teoria del controllo e di statistica.
- Ci interessiamo ai processi distribuiti, remoti, collegati per mezzo di reti di trasmissione dati.



Controllo di Processo Moderno

- Il controllo di processo classico è basato sullo scambio perfetto di informazione
- I sistemi di controllo moderni sono spesso in rete:
 - Aggiungono flessibilità
 - Realizzazione più economica
- I dati dei sensori e degli attuatori sono trasmessi su una risorsa di rete condivisa:
 - Aggiungono incertezza
 - Aumentano la complessità del sistema

Tipologia di Controllo di Processi

- **Semplice:** Controllo della temperatura di una stanza. Semplice sistema SISO studiato con teoria controlli
- **Distribuito:** insieme di macchine controllate da **Programmable Logic Controllers** (PLC) che implementano un anello di controllo locale, raccolgono dati e li inviano ad un centro di controllo, tipicamente gestito da una persona.
- **Complessi** sono gestiti da reti **Supervisory Control and Data Acquisition** (SCADA).
- A seconda delle grandezze lavorate possono essere:
 - Discreto: opera su grandezze discrete
 - Batch: gestisce quantità finite di grandezze
 - Continuo: gestisce delle grandezze continue

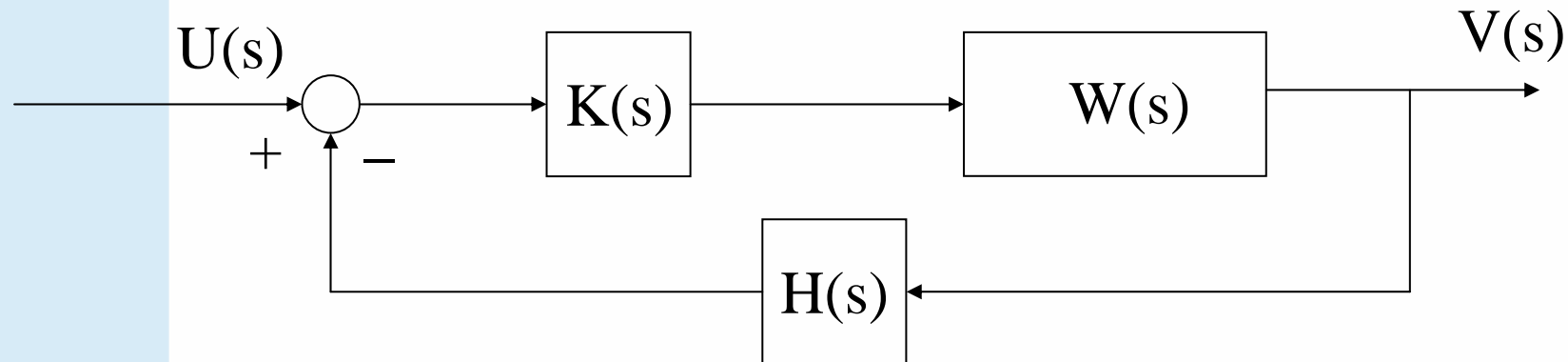
Esempi di Controllo di Processo

- **Esempi non comuni:**
 - Camion Scania
 - Volvo XC90
 - Smart-1 sonda spaziale
 - Controllo dell'alimentazione nella rete cellulare
 - Controllo della congestione in una rete di comunicazione
 - Controllo di impianti alimentari
- **Problemi:**
 - Ritardo e jitter
 - Quantizzazione
 - Perdita di pacchetti
 - Errore su bit
 - Perdita di collegamento

http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network

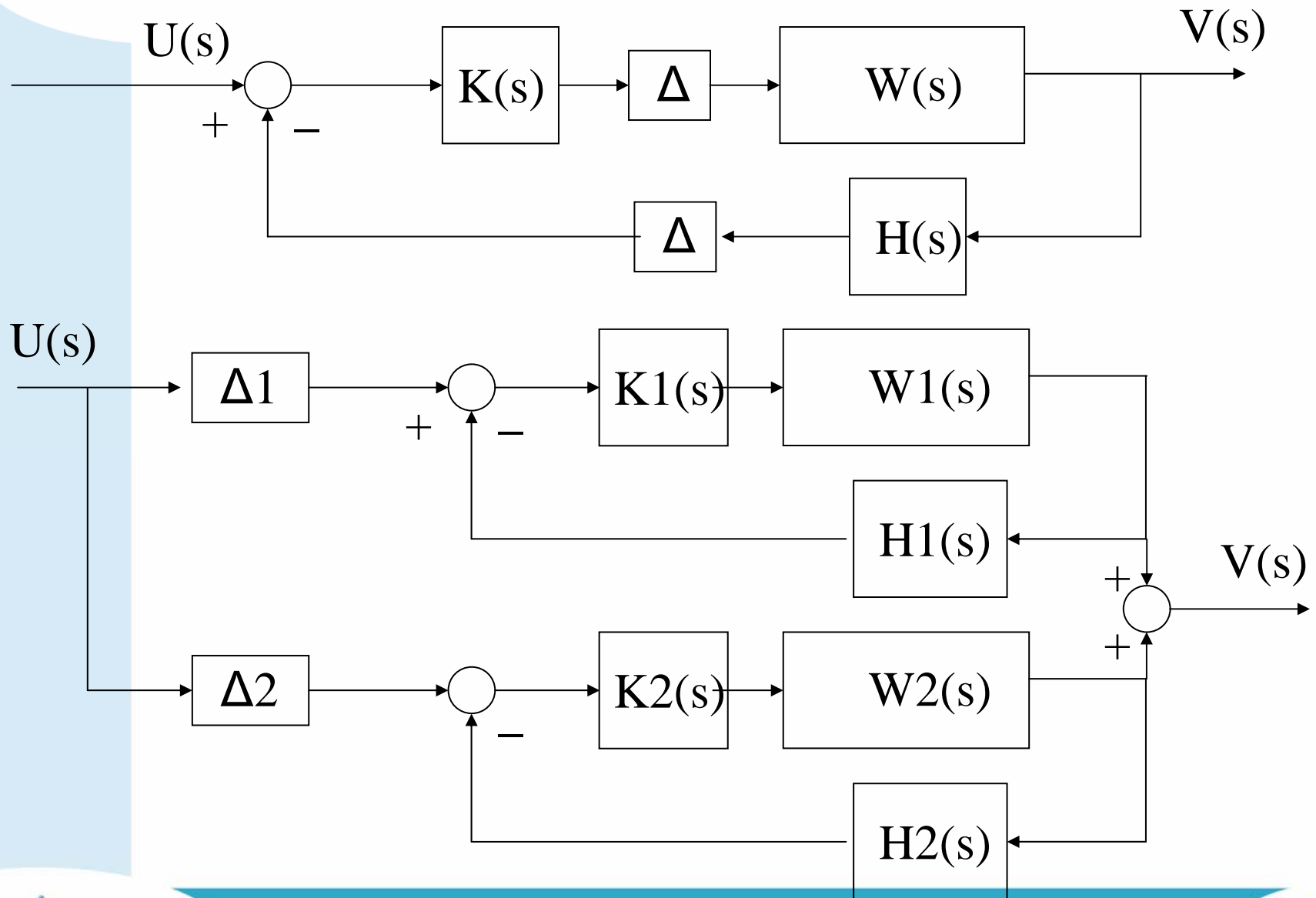


Controllo di Processo Locale

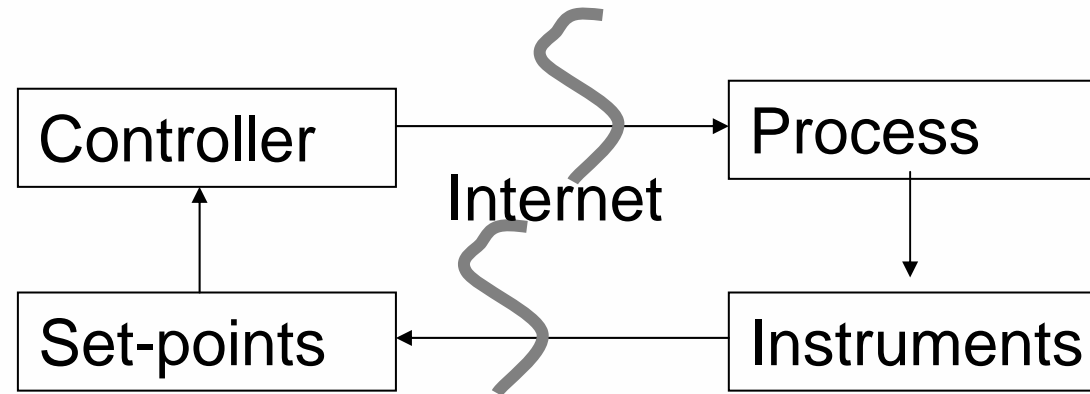


- Controllo di temperatura
- Una sola grandezza è controllata localmente
- Si sfrutta la Teoria del Controllo
- Stabilità e prestazioni facilmente ottenibili

Controllo di Processo Remoto

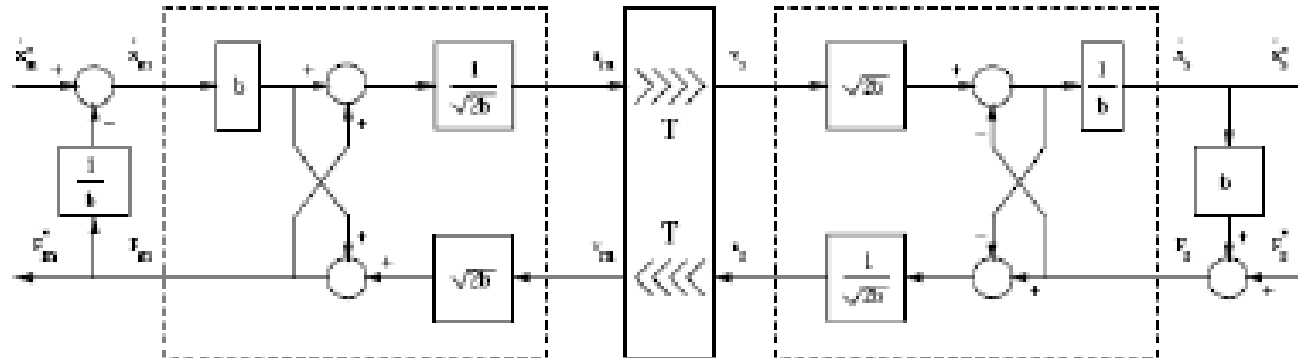


Controllo di Processo via Internet



- Ritardo variabile
- Perdita di pacchetti di dati
- Sincronizzazione e prestazioni sono molto difficili da ottenere

Compensazione del Ritardo Variabile

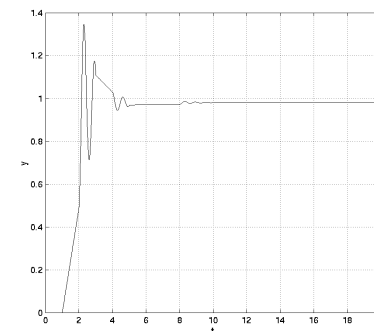
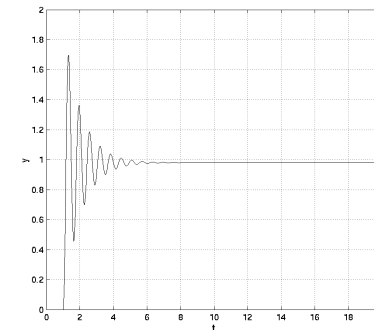
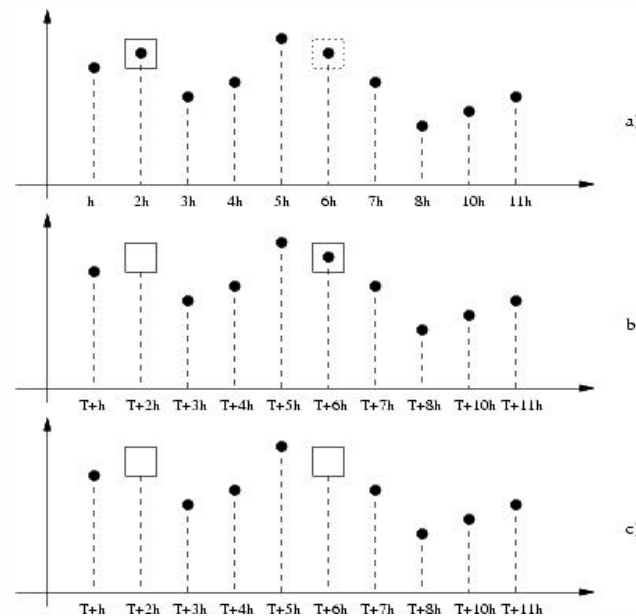


$$u_m = \frac{1}{\sqrt{2b}}(F_m + b\dot{x}_m) \quad u_s = \frac{1}{\sqrt{2b}}(F_s - b\dot{x}_s)$$

$$v_m = \frac{1}{\sqrt{2b}}(F_m - b\dot{x}_m) \quad v_s = \frac{1}{\sqrt{2b}}(F_s + b\dot{x}_s)$$

- Un metodo possibile è quello delle variabili d'onda
- Non vengono trasmesse grandezze che dipendono dal tempo
- Vengono trasmesse solo valori di **energia**
- In questo modo il sistema rimane passivo
- Si perde in prontezza di risposta e precisione del controllo

Compensazione Perdita di Pacchetti di Dati



- La perdita di dati corrisponde ad una variazione della frequenza di campionamento
- Esistono metodi che permettono di gestire questo caso
- Si possono garantire buone prestazioni del sistema
- Vanno imposte condizioni sul tipo di segnali usati

Protocolli di Comunicazione

Esistono numerosi standard:

- [AS-Interface](#)
- [CAN](#)
- [CANopen](#)
- [DeviceNet](#)
- [EtherCAT](#)
- [FOUNDATION fieldbus](#)
- [HART Protocol](#)
- [Industrial Ethernet](#)
- [Interbus](#)
- [LonWorks](#)
- [Modbus](#)
- [PROFIBUS](#)
- [BITBUS](#)
- [CompuBus](#)
- [SafetyBUS p](#)

Da Wikipedia: fieldbus

Questi standard vanno sotto il nome di **Fieldbus** cioè i sistemi di comunicazione digitale che rimpiazzano le linee analogiche 0-20 mA. Queste reti sono:

- digitali,
- bi-direzionali,
- multidrop,
- seriali.

Servono per collegare dispositivi isolati dotati di una certa capacità di calcolo che serve, oltre alla comunicazione, anche a gestire la diagnostica, acquisire dati e sincronizzarsi con gli altri dispositivi.

Controller Area Network (CAN) Bus

- Un CAN bus è di tipo broadcast, differential serial bus, sviluppato nel 1980s dalla Robert Bosch GmbH, per collegare unità di controllo elettroniche (ECUs) soprattutto nel campo dell'elettronica per l'automobile.
- CAN è stato sviluppato per essere robusto alle interferenze elettromagnetiche,
- Utilizza un supporto hardware differenziale bilanciato come il collegamento seriale RS-485
- Permette una velocità di trasmissione di 1Mb/s fino a 40 m, scendendo a 125Kb/s fino a 500 m.
- I pacchetti dati sono costituiti da max 8 bytes con un checksum CRC-15 che garantisce una distanza di Hamming di 6 (fino a 5 bit corrotti per riga possono essere ricostruiti dal codice)

http://en.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network

Aree di Ricerca @ ALTAIR

- **Telecontrollo**
 - Teleoperazione
 - Controllo di processi industriali
 - Domotica e automazione medica
- **Robotica di Servizio**
 - Logistica leggera
 - Apprendimento Robotico
- **Istruzione alla/con la Robotica**
 - Progetti per le scuole medie
 - Progetti per le scuole superiori
 - Laboratorio virtuale
 - Scuole di dottorato
- **Standard in Robotica di Servizio**
 - Partecipazione ad attività Europee

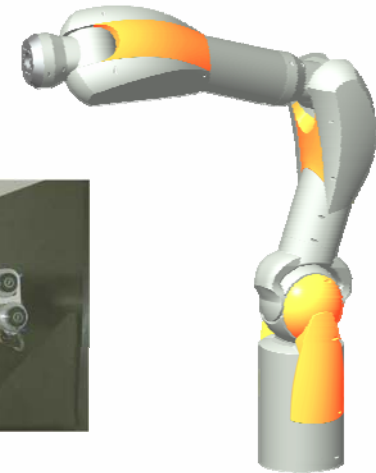


Teleoperazione: Chirurgia Robotica

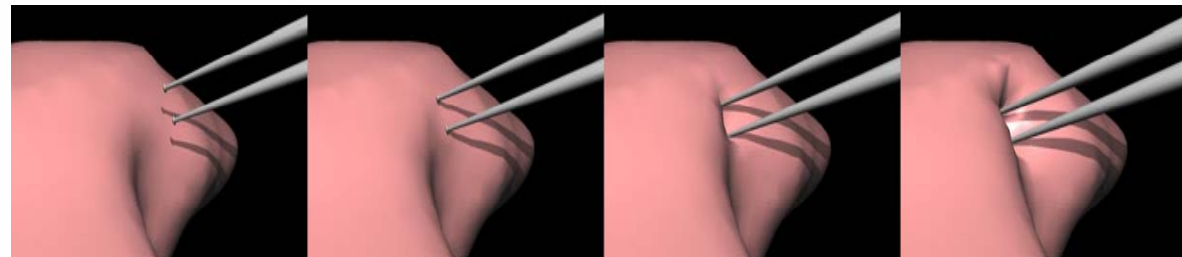


Teleoperation: Project AccuRobAs

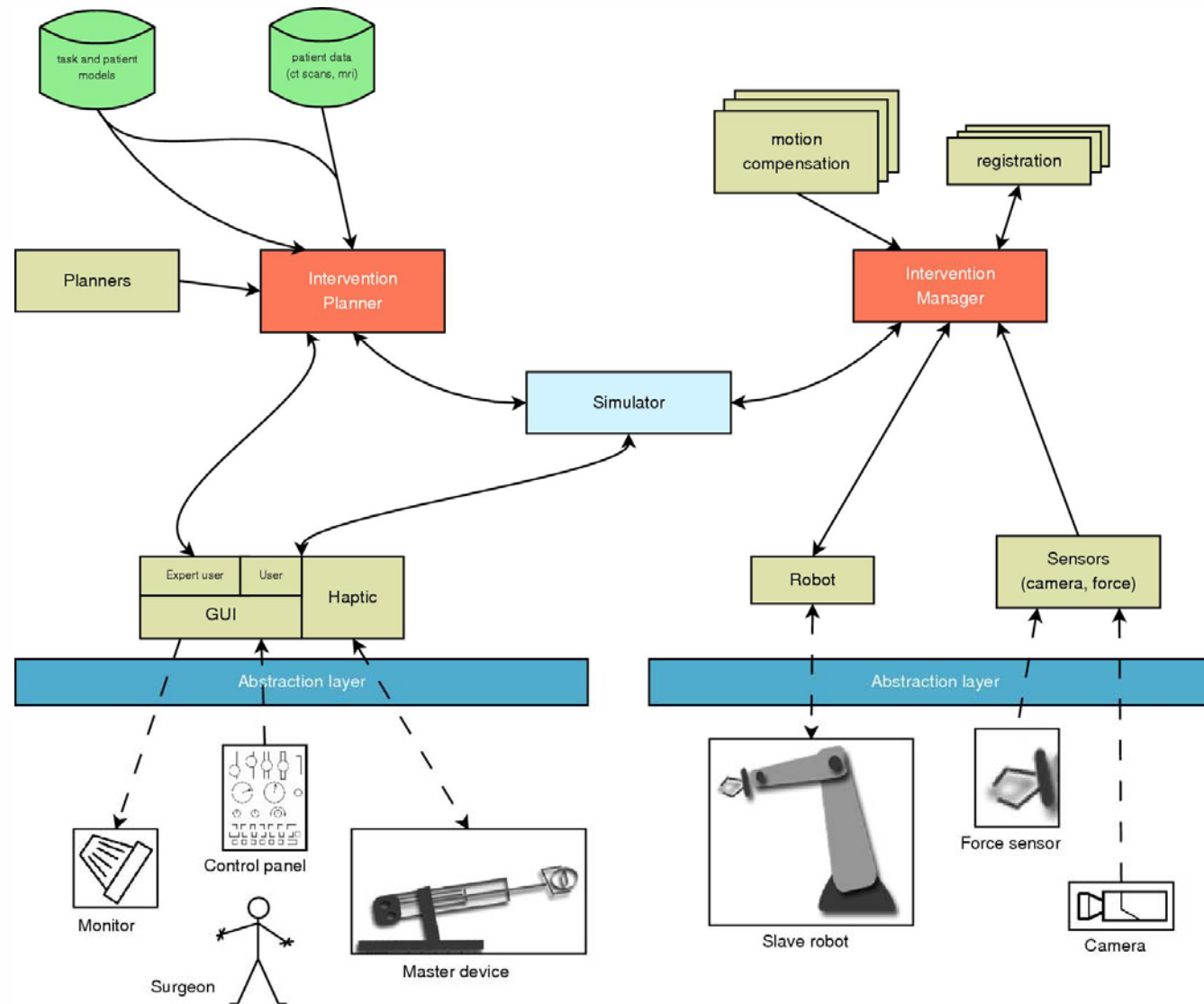
- **Master device**
 - Force reflection
 - Force scaling
 - Data acquisition
- **Slave Device**
 - Surgical robot
 - Dexterous tools
 - Instrumented tools
- **Pre-surgical simulation**
 - Virtual operation
 - Training
 - Risk quantification
 - Allows to measure training level



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität • gegründet 1825



AccuRobAs Data Flow Schema



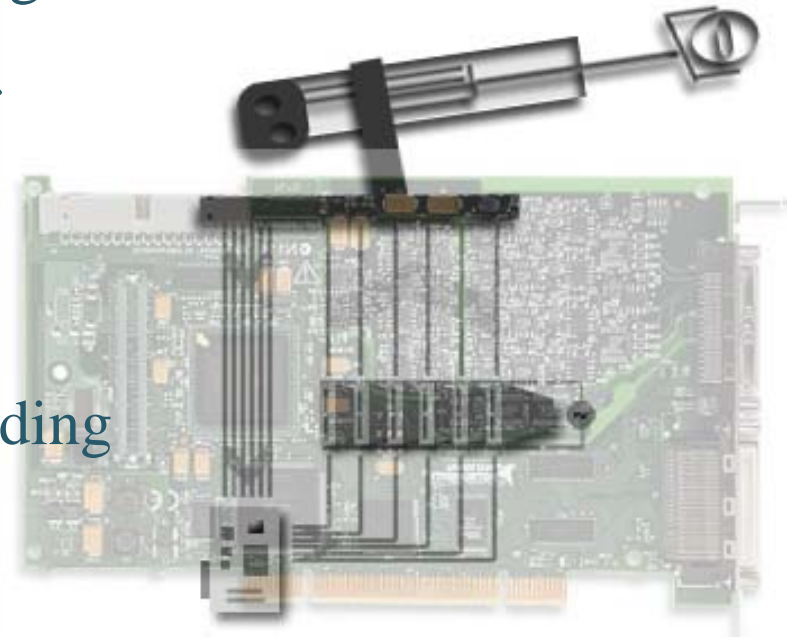
Software -> Hardware

Requirements in teleoperation control:

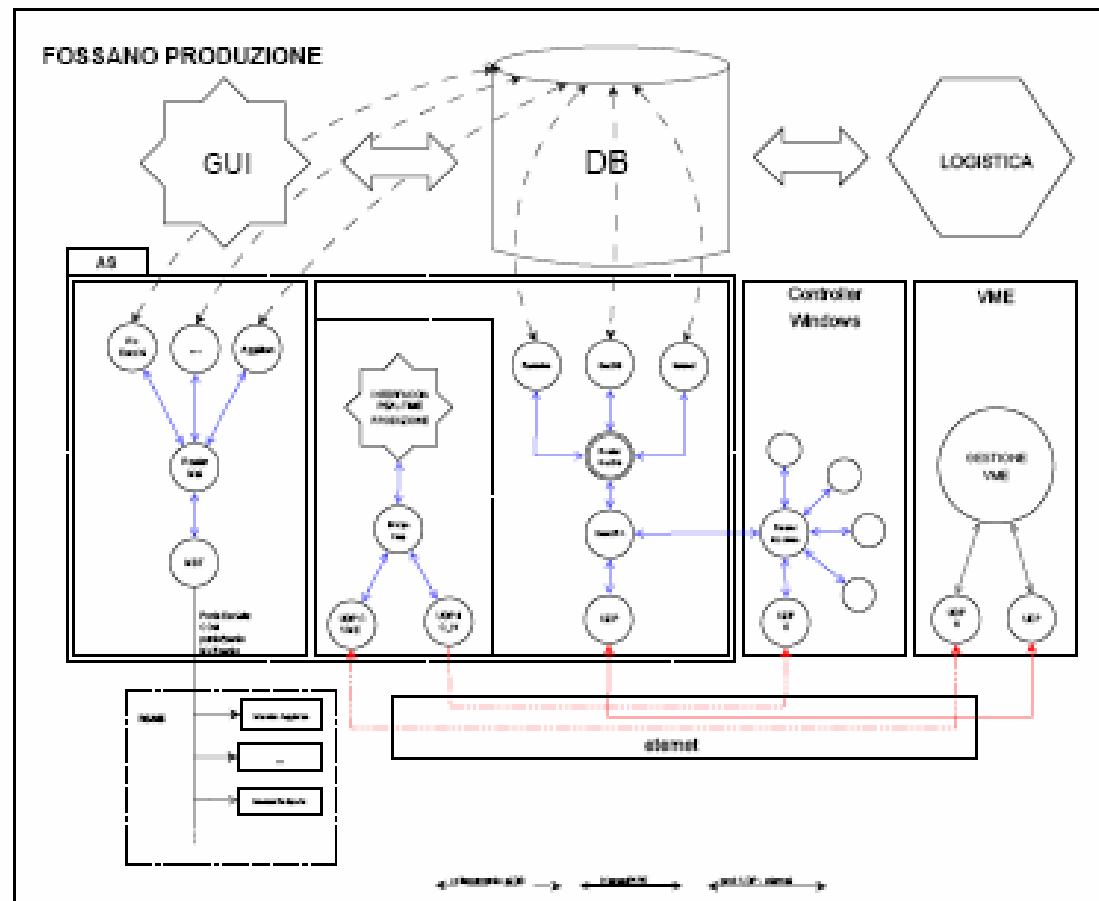
- Flexibility: modifiable force feedback strategies, according to working conditions
- High performance: need of precision in surgical tasks

FPGA-based control:

- Encoders reading and decoding
- Motor handling
- Local control loops
- Forward kinematic computation
- Force feedback computation



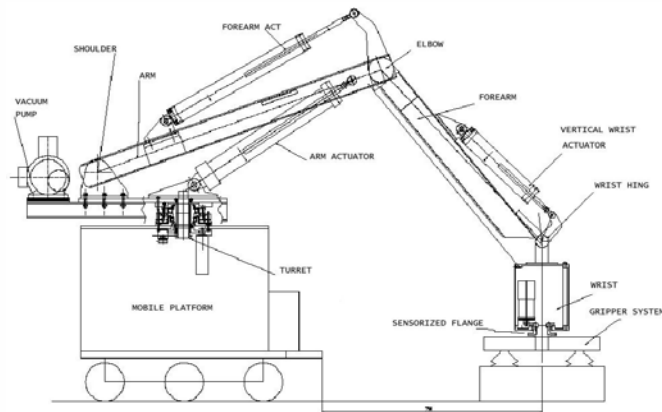
Controllo di Impianti Agroalimentari



<http://www.profibus.com/>



Service Robotics: the GSK Project



Proof of concept to demonstrate autonomous transport with minimal environment impact

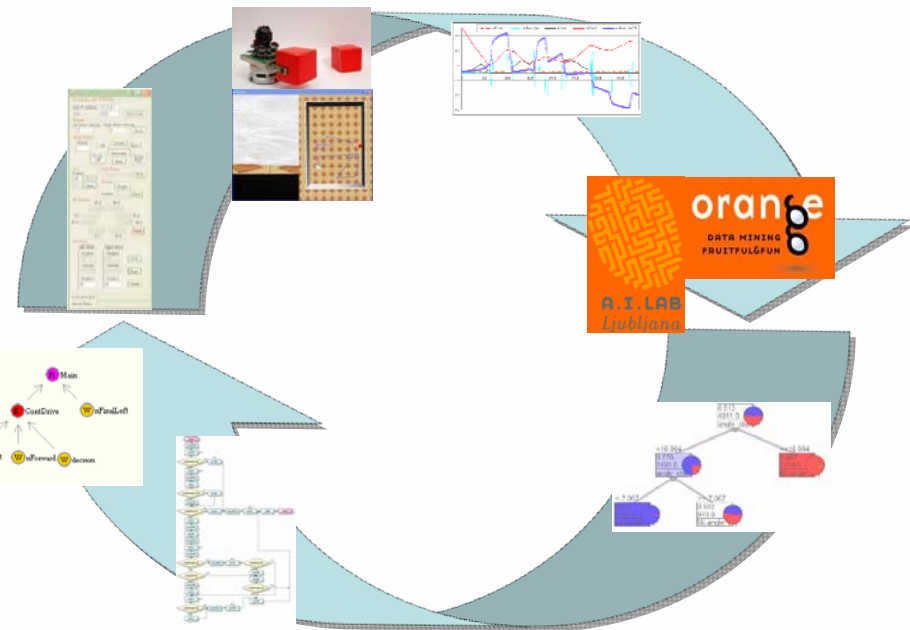
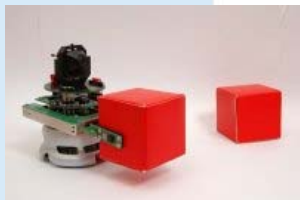
Mobile robot with integrated mechanical arm, equipped with the following sensors:

- TV camera
- Laser
- 8 ultrasound sensors
- Force sensor
- Bumper

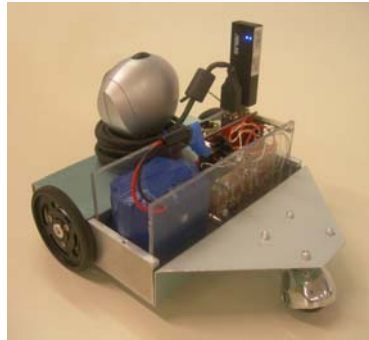
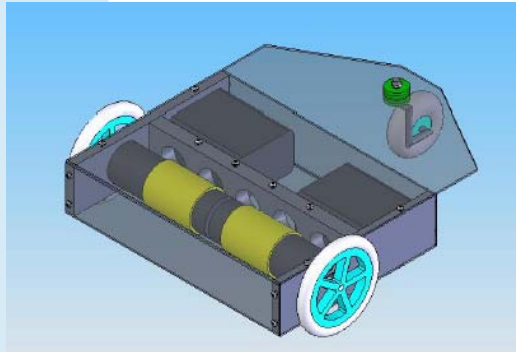


Robot Learning: the XPERO Project

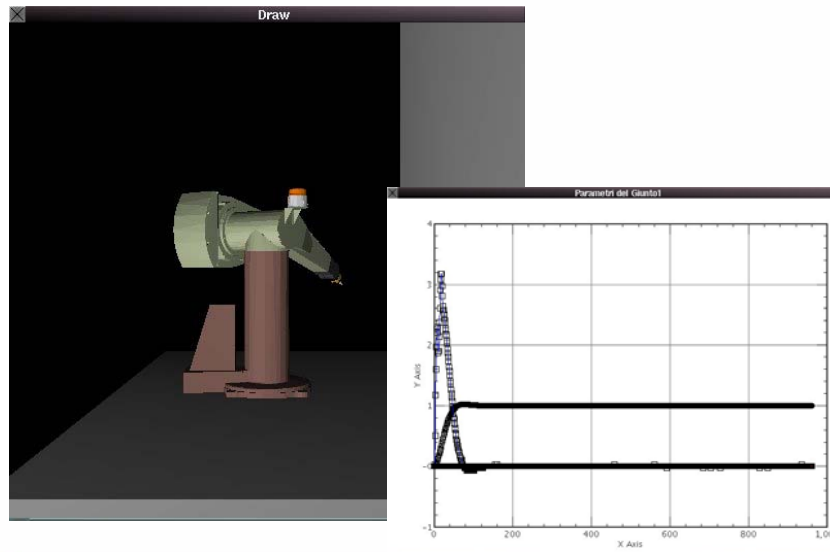
- Robot generates the data to analyze,
- Robot can choose when, where and how to take data
- Robot can refine data collection to improve its knowledge



Educational Robotics



Eddy: Low cost robot for high schools

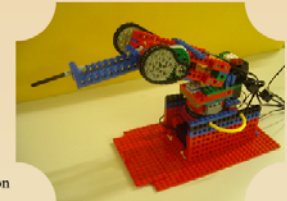


KinePlay
Robotics Teaching Using LEGO®



Active learning

Laboratory activities involving students in doing things and thinking about what they are doing are necessary for teaching complex concepts such as kinematics.



Curriculum

- framework: Tandem High School/Univ cooperation
- 10 hours of mathematics at school
- 10 hours of robotics basic concepts at University
- 12 hours of laboratory in 3 days:
 - design, build and control a 3 dof robotic arm
 - reference frame definition and assignments
 - define Denavit-Hartenberg parameters
 - forward and inverse kinematics computation
 - sensors and actuators use

LEGO® Mindstorm™

- low cost
- highly reusable
- robust
- tune the complexity
- famous
- enjoyable

An innovative way of "play" with robotic arms



BrickOS

- C and C++ via cross-compiling
- no limitation of variables number (RAM size)
- threads and objects utilization
- floating point numbers
- mathematical and trigonometric functions
- communication with USB tower via Inphost
- available for different platforms
- Free download at <http://bricksos.sourceforge.net>
- <http://lnphost.sourceforge.net>

Soon available

- detailed handbook for teachers
- complete software solutions
- new curricula for University courses

<http://metropolis.sci.univr.it>

Altair Robotics Lab
stef@metropolis.sci.univr.it
bovo@metropolis.sci.univr.it

IEEE International Conference on
Robotics and Automation
Rome, April 2007

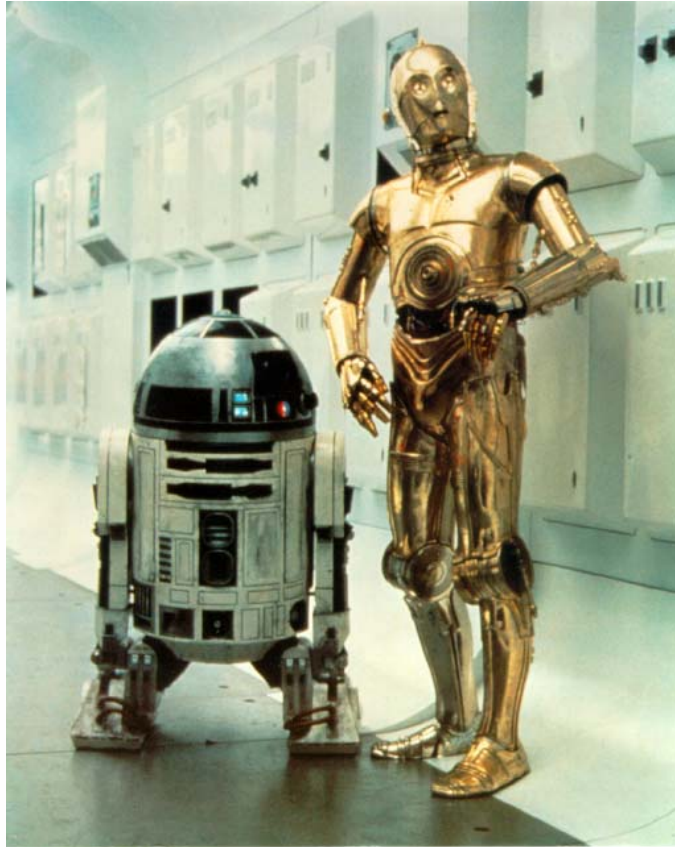


TIGER: virtual laboratory for continuing education



Networks for Process Control, June 1st 2007





**Grazie per la
Vostra Attenzione**