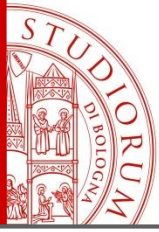


**Bologna 06-12-2017**

# **Energy-Efficient Embedded Systems (EEES LAB)**

**Simone Benatti, Davide Rossi, Andrea Marongiu, Andrea Bartolini, Davide  
Brunelli**

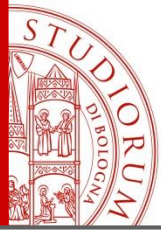
**(PI prof. Luca Benini)**



# Outline

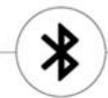
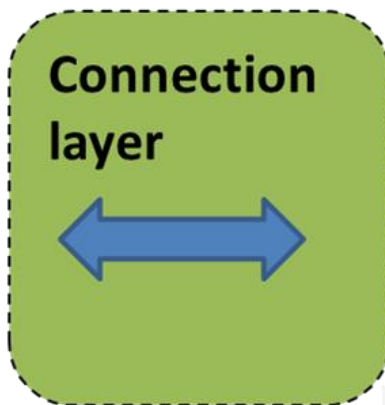
---

- Sistemi embedded per processing di bio segnali (ExG)
- Sensori e sistemi ad intelligenza distribuita per IoT
- Sistemi manycore ad elevata efficienza energetica
- Gestione efficiente di cluster di calcolo



# Sistemi Embedded per Bio-Signal Processing

- Hardware/Software codesign di dispositivi indossabili per applicazioni medicali/HMI
- Acquisizione e condizionamento di segnali ECG/EMG/EEG
- Implementazione di algoritmi di SP/ML (Signal Processing /Machine Learning) su piattaforme low-power

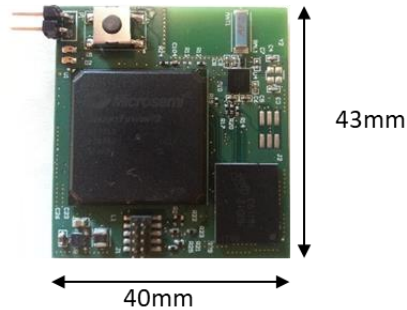
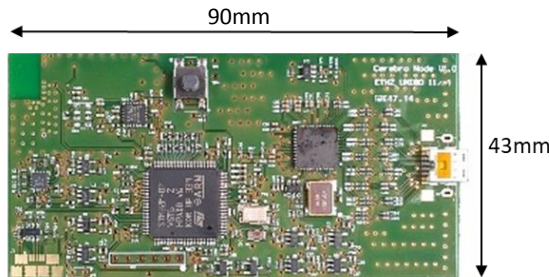


# Architettura di sistema

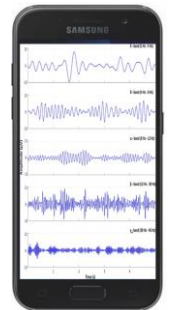
## Sensori



## Acquisizione e processing

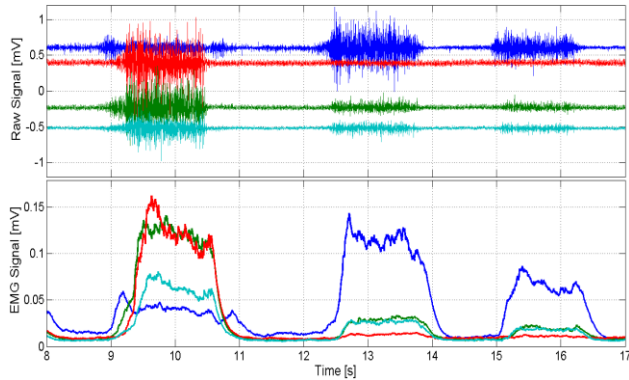


## Attuatore/ Gateway

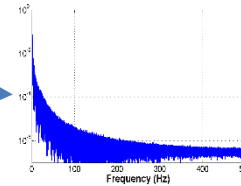


# Risultati

## Sensori



→ Accuracy 92.36%



→ Accuracy 91.06%

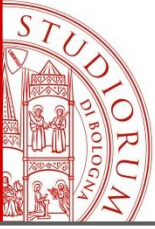
## Sistema



- No onboard computing
- 25Hz Bandwidth
- Non scalabile



- Onboard computing
- 1kHz Bandwidth
- Scalabile



# Sensori, misure e intelligenza distribuita & IoT

- **Sensori a bassissimo consumo**

- Screening e valutazione delle tecnologie dei sensori
- Ottimizzazione dell'acquisizione dei dati del sensore
- Rilevamento multistadio e fusione dei dati
- Progettazione del circuito di acquisizione

- **Gestione energetica**

*(batterie, rinnovabili, sistemi senza batteria)*

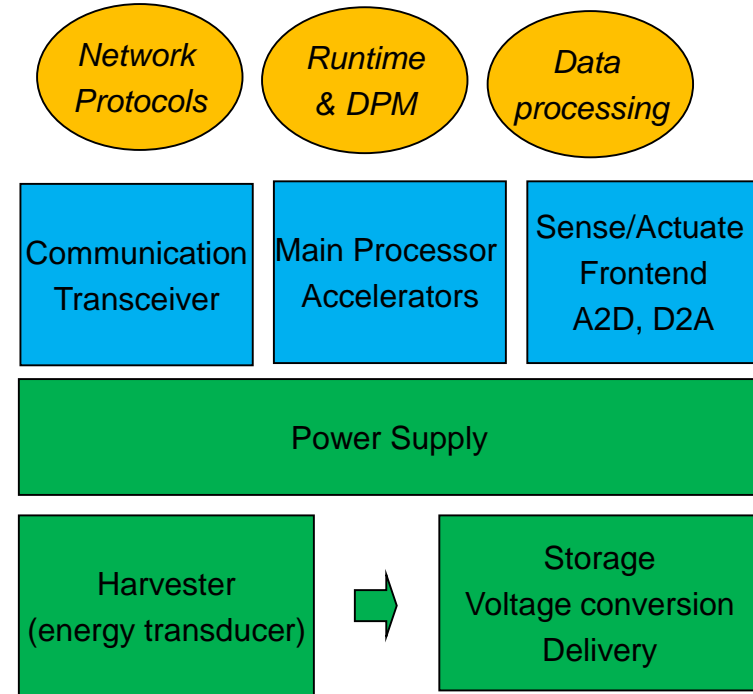
- Screening e valutazione delle tecnologie di accumulo
- Screening della tecnologie di energy harvesting
- Gestione energetica, conversione, progettazione di circuiti di trasferimento per elettronica a bassissima potenza

- **Reti di Sensori Wireless**

- Screening e valutazione di soluzioni RF per IoT
- Ottimizzazione e personalizzazione dei protocolli IoT
- Progettazione di MAC, protocolli rete, livelli

- **Elaborazione Digitale sul sensore**

- Progettazione di piattaforme digitali embedded a bassissima potenza
- Gestione avanzata dell'alimentazione
- Elaborazione digitale (filtri, compressione, riconoscimento, classificazione)

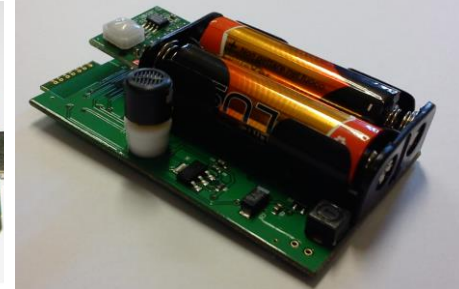
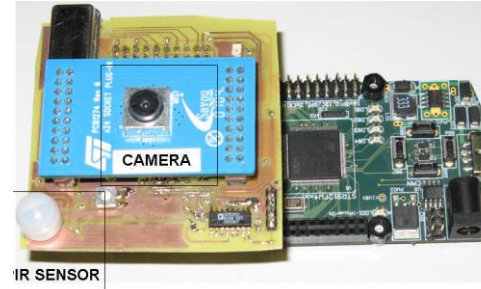




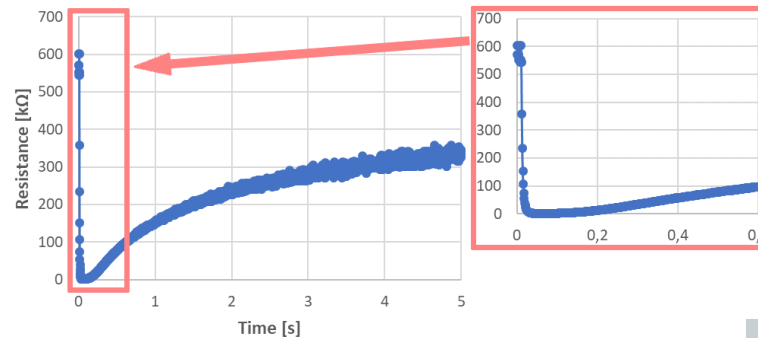
# Low Power Sensing

*Sensing multi-stadio and Sensor fusion*

*Video per sorveglianza e sensori per qualità dell'aria wireless e autonomia "infinita"*



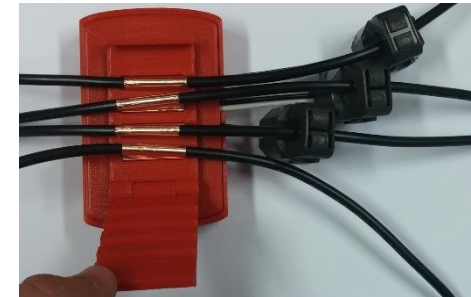
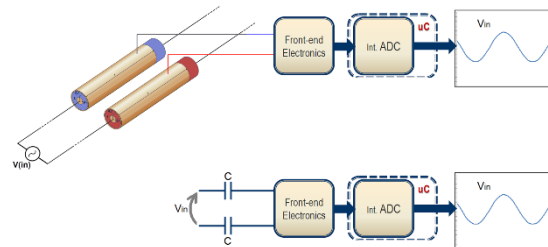
*Multimodal sensors: Video sensor (2009) and MOX Gas sensing (2013) activated by a PIR trigger*



*Transient analysis di sensori di GAS per ridurre il consumo di 20volte.*

*Smart Meter con misura sull'isolante «senza contatto»*

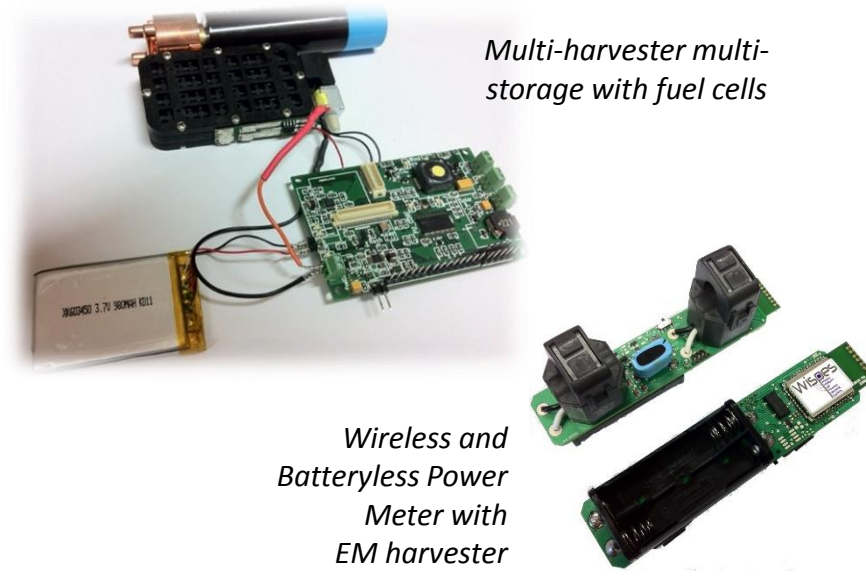
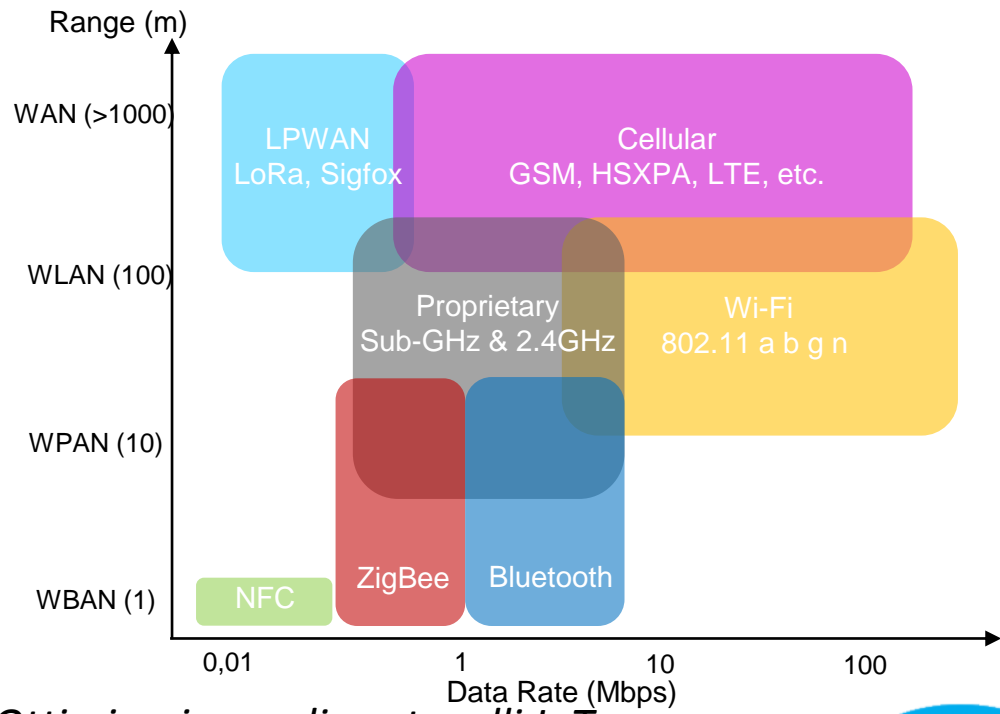
- *Adattamento del segnale*
- *Conversione A/D*
- *Oversampling*
- *Filtri Analogici/digitali*



*Example of analog frontend developed for a smart meter with contactless voltage probes*

# Autonomia Energetica e trasmissione radio per IoT ed Industria 4.0

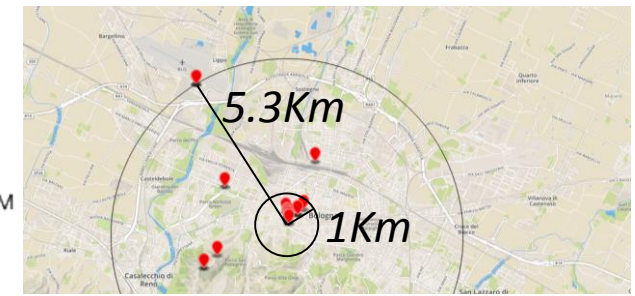
Progettazione con la tecnologia RF migliore per l'applicazione in esame



Multi-harvester multi-storage with fuel cells

Wireless and Batteryless Power Meter with EM harvester

- Ottimizzazione di protocolli IoT**
- LPWAN Low Power Wide Area Network
  - Synchronization
  - High range: 5/10Km LOS
  - Higher Sensitivity → longer range



Real tests with our 20mW Long-range wireless sensors



# Progetti con elevata Intelligenza sui sensori

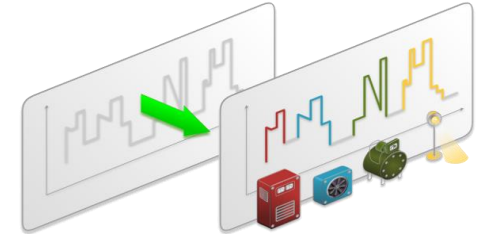
*Sensori Distribuiti ed Intelligenti per il monitoraggio in agricoltura e nella vinificazione*



*Example of Energy-Neutral wireless sensing for environmental and underground temperature monitoring*



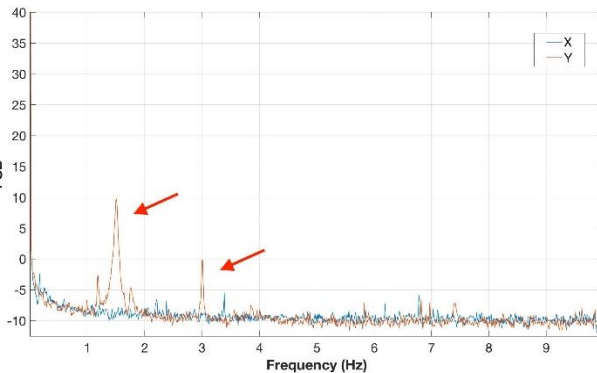
*Sensori Distribuiti ed Intelligenti per il monitoraggio delle utenze elettriche*



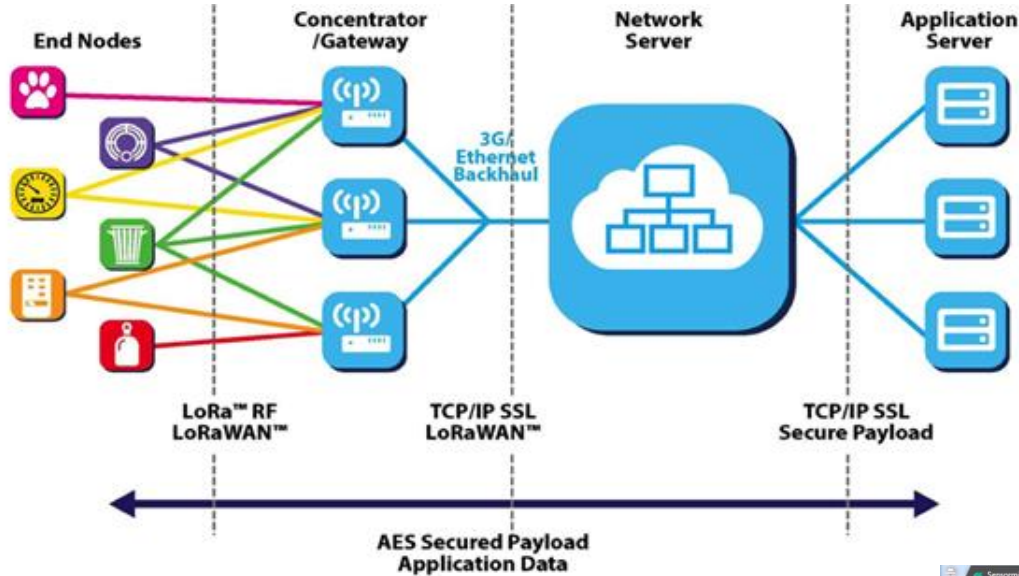
*Example: High-Frequency NILM, Building Load Monitoring with labeling and classification from single POM*

*Sensori Distribuiti per il monitoraggio statico e dinamico di strutture ed edifici*

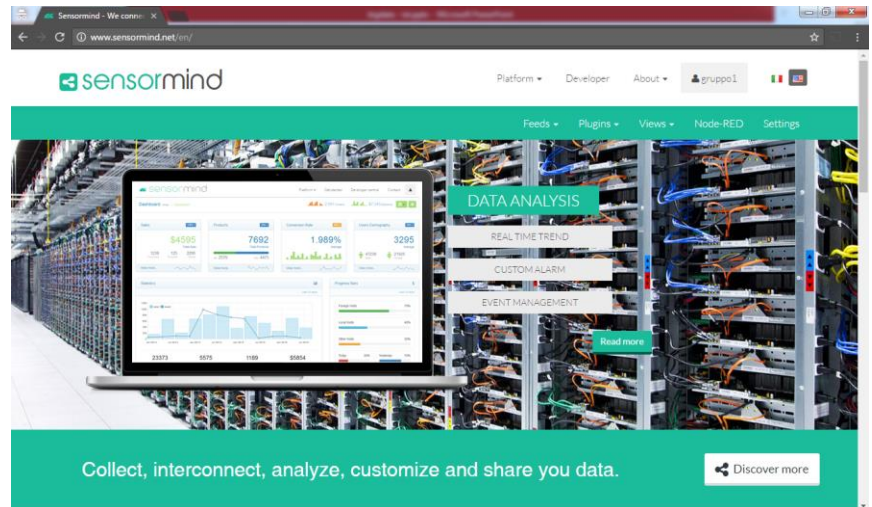
*Example of smart sensing application designed for continuous Structural Monitoring and real-time evaluation onboard*

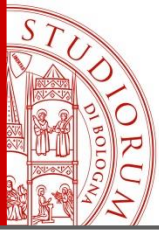


# Infrastruttura per accesso ed analisi dei Big Data



- Superamento della frammentazione di dati eterogenei
- Protocolli per il movimento dei dati
- Rilevamento e notifica di eventi
- Interoperabilità tra piattaforme

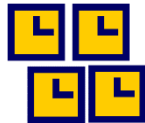




# Sistemi Many-Core Eterogenei ad Elevata Efficienza Energetica

- Progettazione ed Esplorazione di piattaforme di Calcolo Embedded
- Runtime e Modelli di Programmazione
- Estensioni ed Ottimizzazione di Compilatori
- Ottimizzazione di Applicazioni su architetture commerciali

## Progetti Finanziati



P-SOCRATES



OPEN-NEXT

# Architetture

**Adapteva**

**parallela**

**Kalray MPPA256**

**AMD APU**


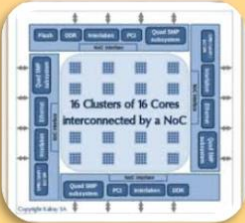

**AMD EMBEDDED SOLUTIONS R-SERIES APU**

**STHORM**

**ST**

life.augmented

**Acceleratori Many-Core**



**Acceleratori DSP/ASIC/FPGA**

**TI Keystonell**

**66AK2H12 system-on-chip**

**Xilinx Zynq**

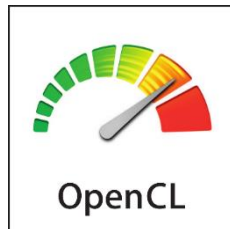
**PULP**  
Parallel Ultra Low Power





# Programmazione

- Programmazione Parallela



- Programmazione FPGA (HLS)

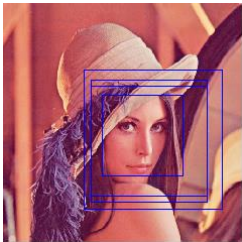


- Programmazione FPGA (VHDL/Verilog)

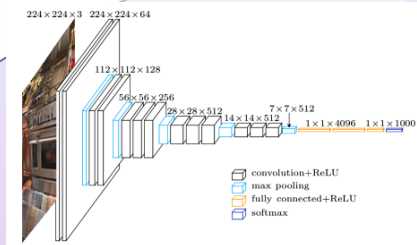
- Modelli di Esecuzione Real-Time per sistemi *eterogenei*.
- Runtime e Modelli di Programmazione per architetture *multi- e many-core*.
- Runtime Modelli di Programmazione per calcolo *eterogeneo*.

# Applicazioni

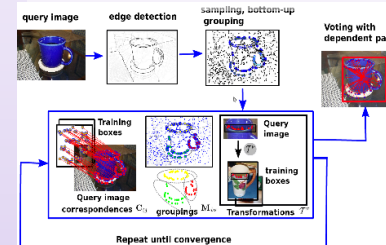
## Face-Detection



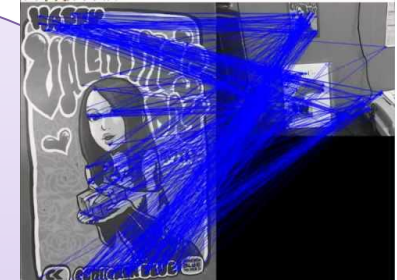
## DNN



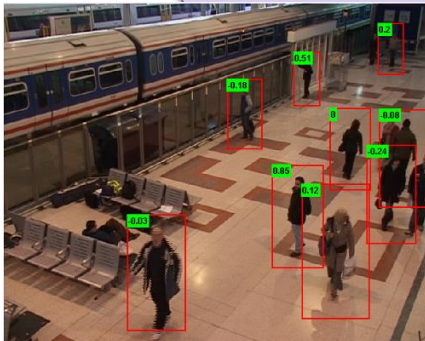
## CV-Pipelines



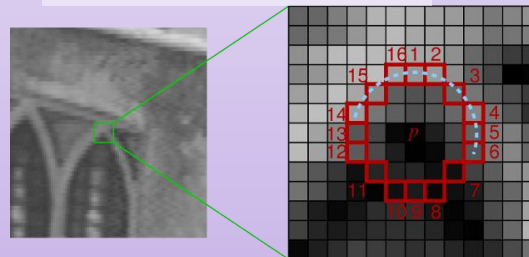
## Object Detection



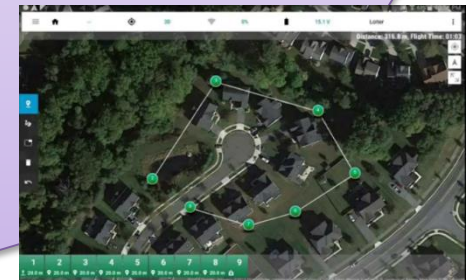
## People-Detection



## Feature-Extraction



## Path-Planner

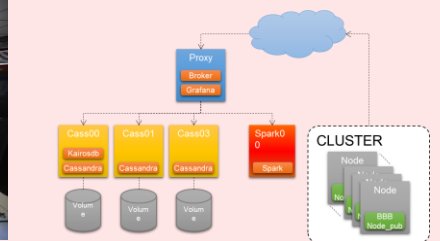




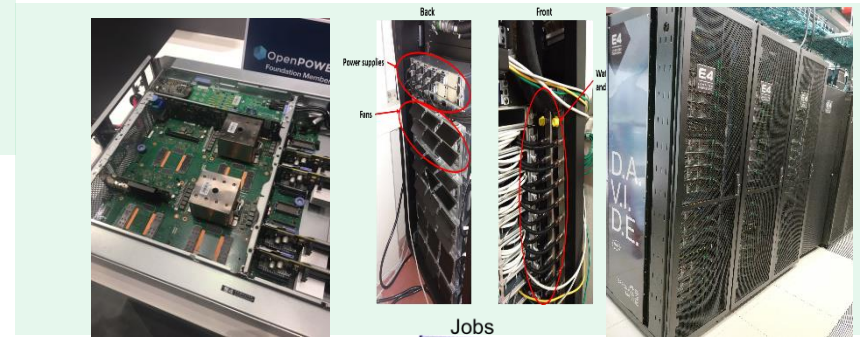
# Gestione Efficiente di Cluster di Calcolo

## Attività Correnti

1. Monitoraggio in tempo reale di cluster di calcolo su larga scala.  
e.g. In collaborazione con CINECA, E4 Engineering

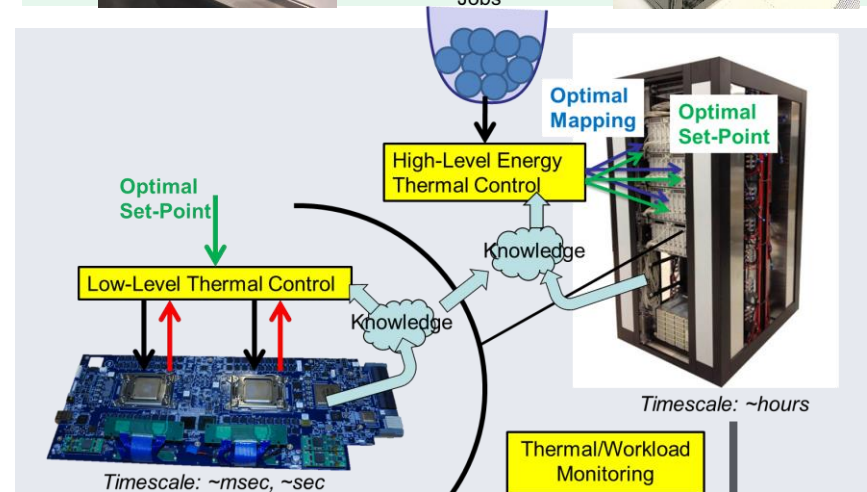
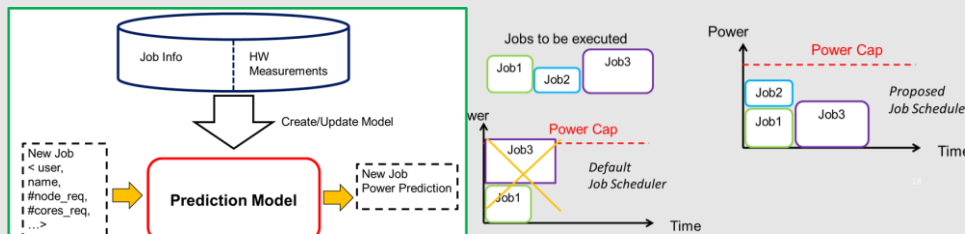


2. Estensioni HW per il monitoraggio a grana fine di nodi di calcolo. D.A.V.I.D.E. Prototipo Petaflops (#14 Green500 @06/17, #299 Top500 @06/17)  
e.g. PRACE PCP collaborazione con E4 engineering, Wistron, IBM

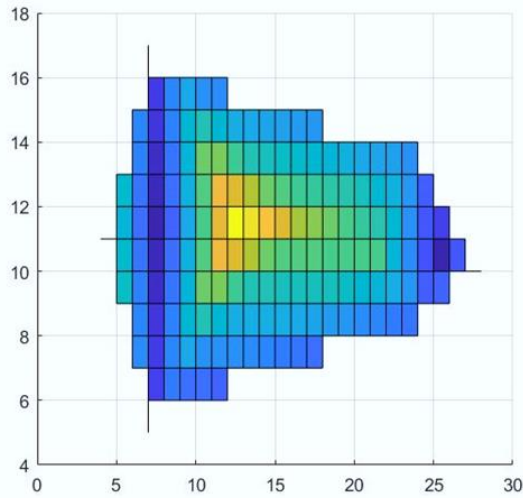


3. Controllo Ottimo e Identificazione di fenomeni termici nei centri e nodi di calcolo  
e.g. Collaborazione con il gruppo di Controlli Automatici @DEI

4. Gestione dell'infrastruttura e dei componenti per la riduzione dei consumi  
e.g. Collaborazione con CINECA, E4, DISI, Intel



# Risultati



Monitoraggio,  
Modellazione ed  
interpolazione di mappe  
termiche in ambienti di  
supercalcolo tramite  
l'uso di tecnologie web,  
big data, ed intelligenza  
artificiale

EXA:MON Home Public

Job ID

Overview

Ambient Temperature

