

Progettazione e sviluppo di un sistema di gestione dati IoT per applicazioni di monitoraggio strutturale

Relatore: Prof. Marco di Felice
Correlatore: Dott. Lorenzo Gigli

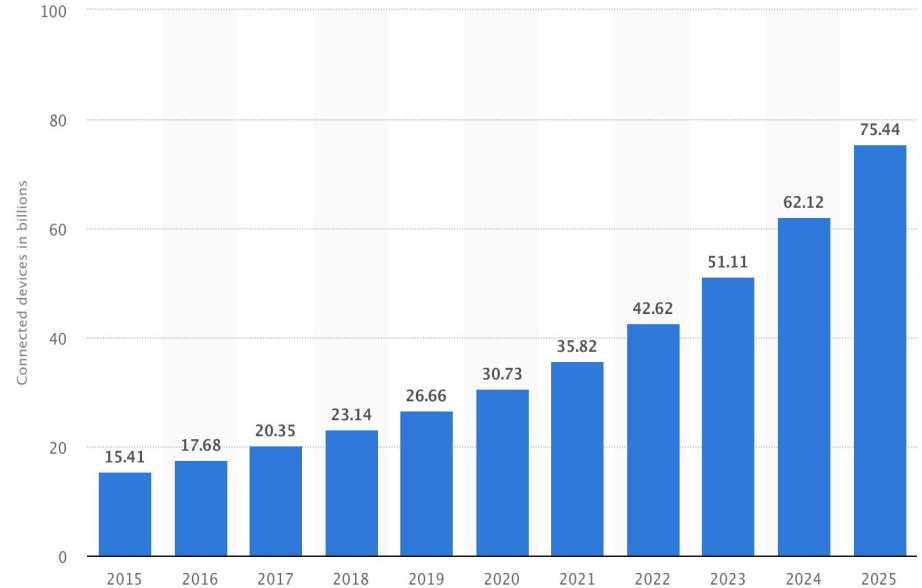
Candidato
Matteo Marchesini

A decorative network diagram in the top-left corner, consisting of interconnected nodes and lines, rendered in a light gray color. The nodes are represented by small circles, some of which are larger and have a double-circle outline. The lines are thin and connect the nodes in a complex, web-like structure.

Stato dell'Arte

Internet of Things (IoT)

- ⊙ Estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti.
- ⊙ Si estende da semplici oggetti come tag NFC/RFID e codici QR, a sistemi complessi come Smart Car, Smart Building, ecc.
- ⊙ L'interoperabilità viene ostacolata dall'utilizzo di protocolli e standard diversi da parte dei numerosi dispositivi presenti sul mercato.

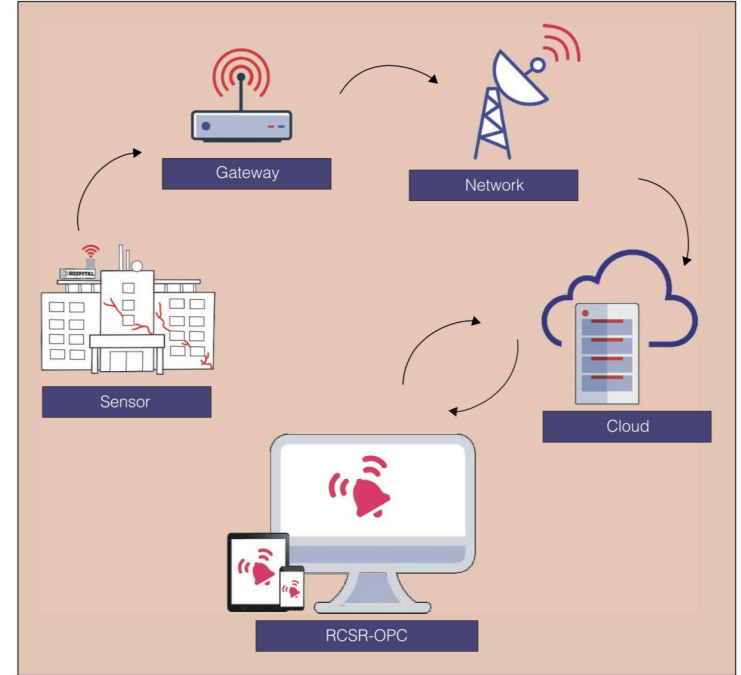


Numero di dispositivi connessi nel mondo dal 2015 al 2025

<https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide>

IoT: Monitoraggio Strutturale

- Fornisce informazioni sulla qualità delle materie prime e sul funzionamento di strutture e opere civili
- Utilizzo di reti di sensori wireless per il monitoraggio di quantità fisiche (accelerazione, temperatura, trazione, ecc.)
- Vantaggi in termini di riduzione dei costi e crescente sicurezza grazie al monitoraggio continuo



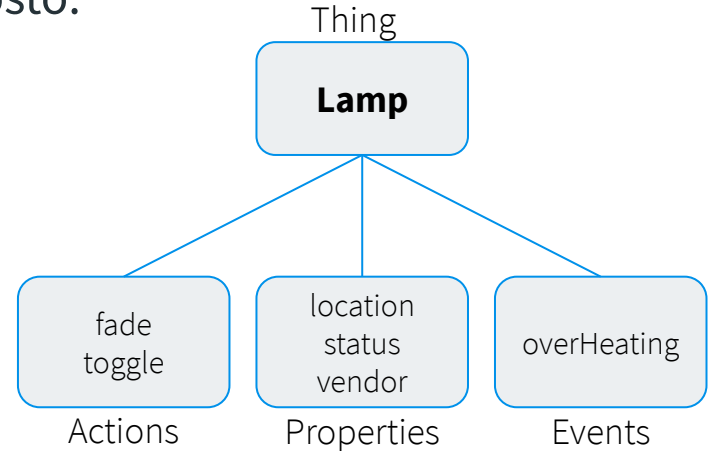
Schema di un sistema di IoT-SHM

Francesco Lamonaca et al. "Internet of Things for Structural Health Monitoring", 2018

W3C - Web of Things (WoT)

Un Working Group istituito dal W3C per contrastare il problema di interoperabilità dell'IoT, attraverso lo standard W3C WoT così composto:

- ◎ **WoT Thing Description (TD)**
Entry point di una Thing: definisce ontologie per la descrizione semantica dei dati, modelli di interazione (Properties, Actions, Events), meccanismi di sicurezza e pattern di comunicazione
- ◎ **WoT Binding Templates**
Collezione di metadati per l'interoperabilità tra piattaforme IoT
- ◎ **WoT Scripting API**
Suite di API per la gestione del lifecycle di una Thing

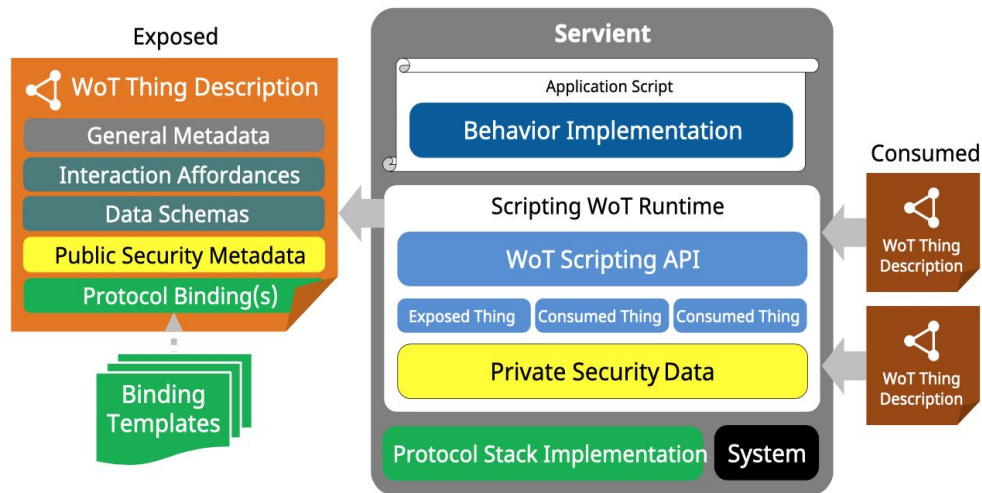


Ogni oggetto fisico o virtuale che dispone di una TD associata è considerato una Thing

W3C WoT Architecture: Servient

Un **Servient** è uno stack software che implementa i componenti del W3C WoT

- ⦿ I Servient possono fungere da host per le Thing, **esporle** e/o **consumarle**, svolgendo il ruolo di client e server contemporaneamente
- ⦿ L'architettura W3C WoT si basa sulla composizione di astrazioni che consentono un alto livello di interoperabilità



W3C. Web of Things (WoT) Architecture
<https://w3c.github.io/wot-architecture/>

A background network diagram consisting of interconnected nodes and lines, rendered in a light gray color, framing the central text.

Mac4Pro: Visualizzazione e gestione dati IoT

Obiettivi e funzionalità

Obiettivo primario: realizzare un **sistema** che consenta la **gestione** e la **visualizzazione** di dati IoT provenienti da reti di sensori 

Funzionalità principali:

- ⦿ Monitoraggio in tempo reale della rete di sensori IoT
- ⦿ Ricerca e filtraggio sui dati
- ⦿ Esportazione dati in CSV

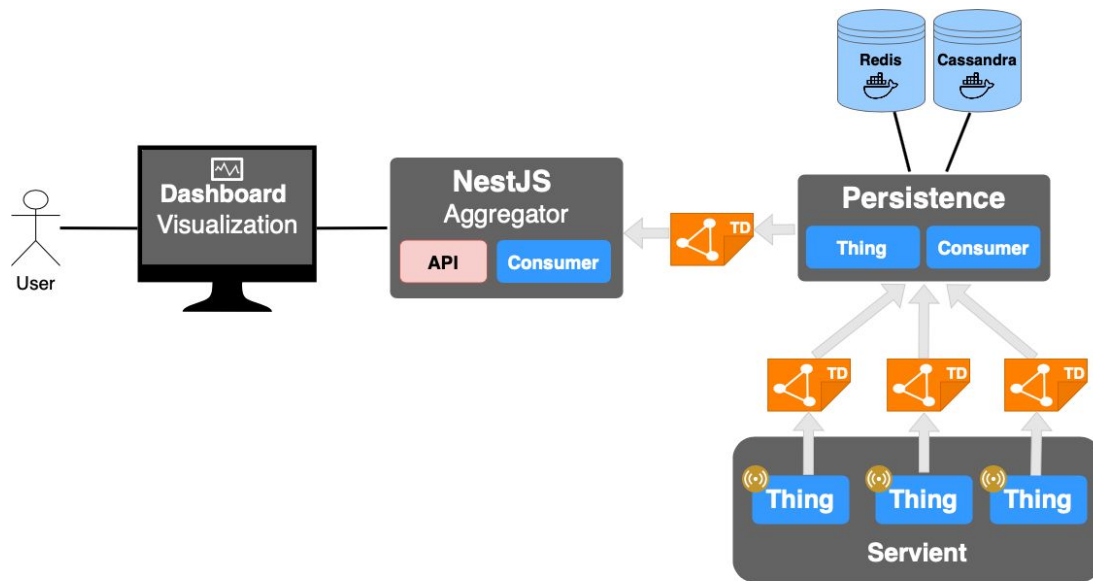


Mac4Pro è il progetto di ricerca in cui verrà integrato il sistema. Finalizzato al monitoraggio e manutenzione intelligente di impianti e strutture mediante un'architettura WoT.

Architettura Mac4Pro

L'infrastruttura WoT generale prevede l'interazione tra più componenti:

- ◎ **Network di sensori**
 - Thing
- ◎ **Persistenza dati**
 - Raccolta e salvataggio
- ◎ **Aggregatore dati**
 - Elaborazione ed API
- ◎ **Visualizzazione dati**
 - Grafici, ricerca e filtraggio



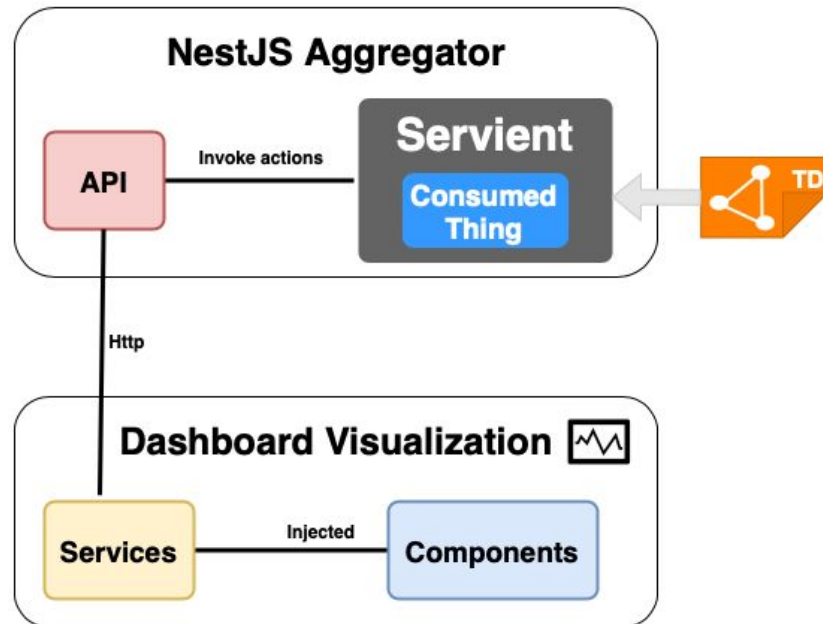
Architettura: Visualization & Aggregator

NestJS Aggregator

Parte server-side dell'applicazione. Implementa un Servient per consumare la Thing di persistenza ed espone API al client per soddisfarne le richieste.

Dashboard Visualization

Parte client-side dell'applicazione. Interfaccia di monitoraggio delle strutture connesse. Comunica via HTTP con NestJS Aggregator per ottenere i dati.



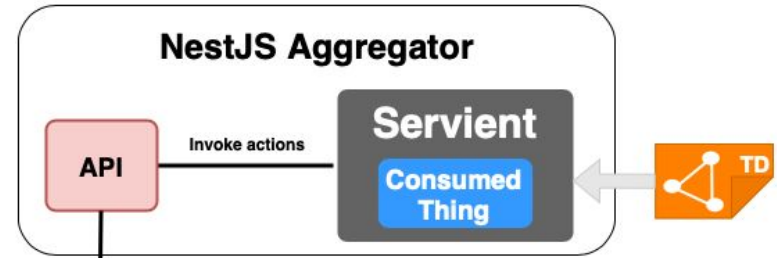
NestJS Aggregator



Il server Aggregator è un'applicazione in **Node.js** (v10) che utilizza il framework **NestJS** (v6), il quale fornisce un'architettura modulare e scalabile.

Moduli principali:

- ① **Dashboard-API**
Implementa la logica di gestione delle dashboard, dalla creazione al salvataggio.
- ① **Servient-persistence**
Implementa un WoT Servient per la comunicazione con il componente persistence. Espone API REST al client per invocare le azioni esposte dalla Thing consumata.



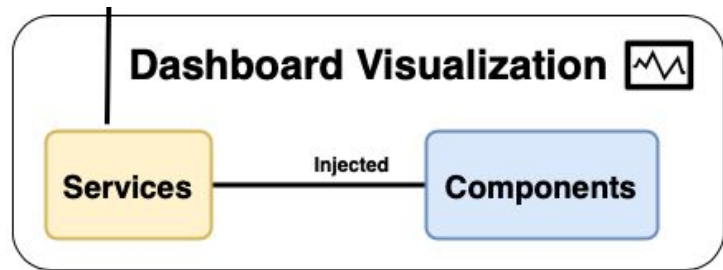
Dashboard Visualization



La Dashboard Visualization è un'applicazione **Angular** (v9) altamente modulare, che garantisce un alto livello di riutilizzabilità di componenti.

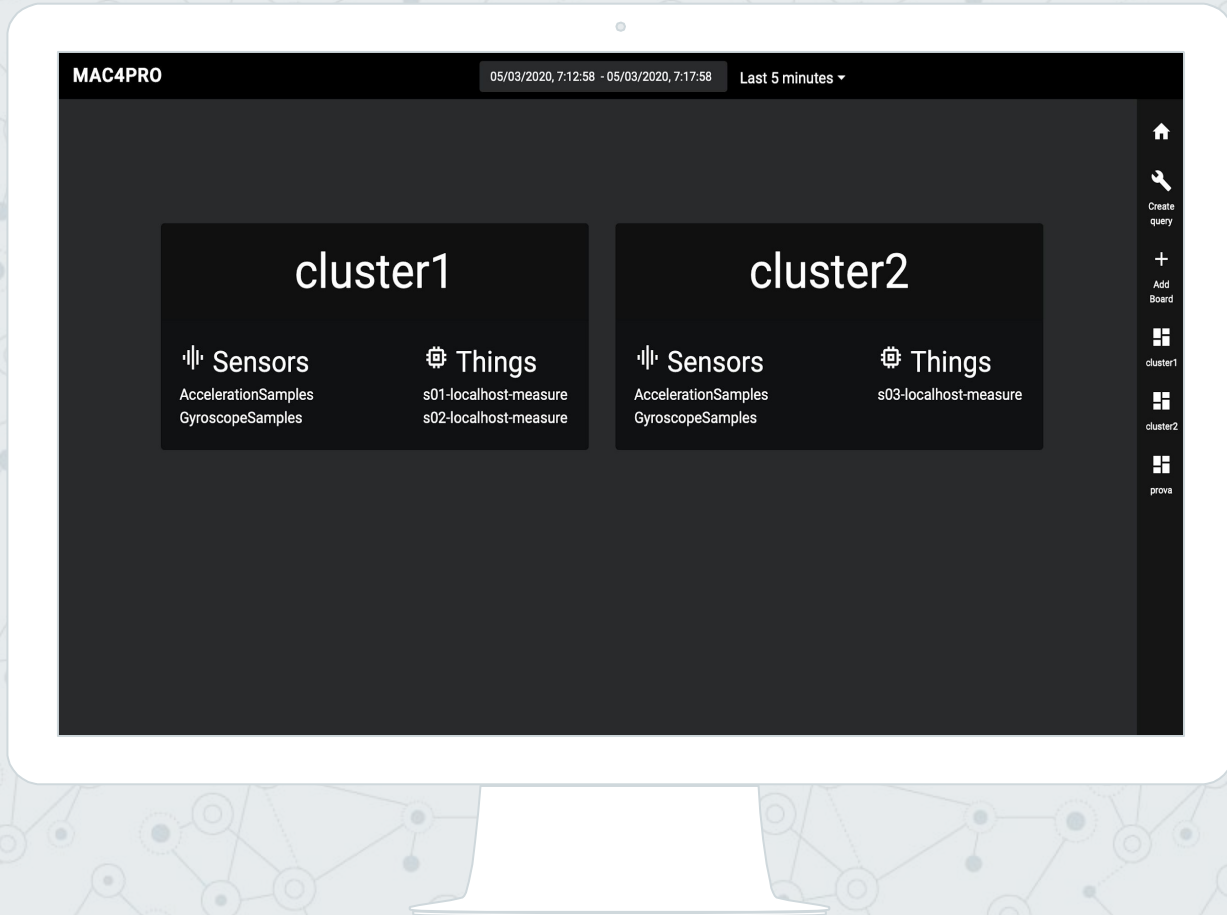
Funzionalità principali:

- Visualizzazione strutture connesse
- Creazione di un nuovo grafico
- Ricerca e filtraggio sui dati tramite query
- Creazione di una dashboard personalizzata
- Esportazione dati in CSV
- Monitoraggio sensori in real-time



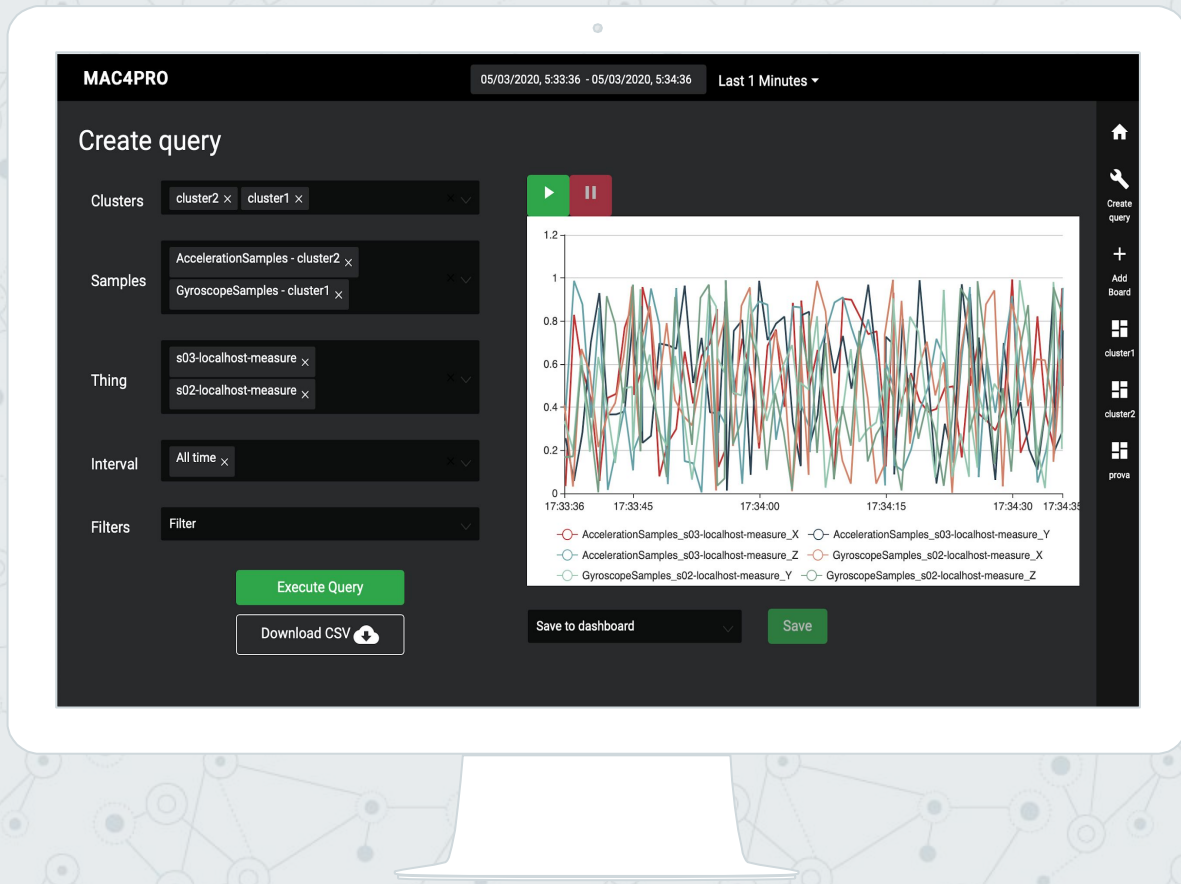
Dashboard Home

- Mostra le strutture connesse con i relativi sensori e **things** annesse.
- L'utente può accedere alle dashboard presenti tramite la barra laterale



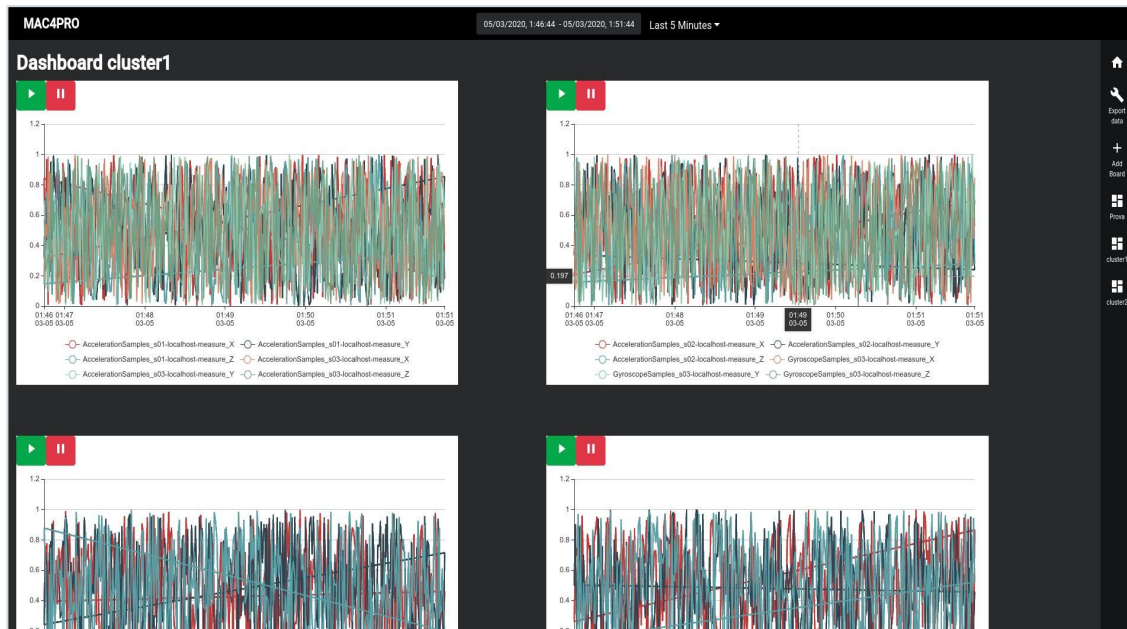
Creazione di una Query

- 🕒 L'utente può eseguire una ricerca sui dati presenti nel db selezionando una molteplicità di strutture, sensori e Thing
- 🕒 La query viene mostrata nel grafico a linee
- 🕒 L'utente può scaricare i dati ottenuti in CSV e salvare il grafico in una dashboard



Dashboard di monitoraggio

- ☉ L'utente può monitorare i sensori in tempo reale tramite i grafici
- ☉ Funzionalità di creazione di nuove dashboard con grafici personalizzati
- ☉ Funzionalità di modifica dell'intervallo temporale dei grafici



Conclusioni e sviluppi futuri

- ◎ L' applicazione consente la gestione di dati IoT finalizzata al monitoraggio strutturale secondo l'architettura WoT proposta dal W3C.
- ◎ La peculiarità principale è la **generalizzazione**
 - Indipendente dai dettagli tecnologici e dalla struttura fisica della rete di sensori IoT, purché relativa al monitoraggio strutturale
 - L'utente non ha limiti nella ricerca dati e nella composizione di grafici
- ◎ **Sviluppi futuri**
 - Estensione delle funzionalità di filtraggio dati
 - Aggiunta dinamica di nuove strutture tramite interfaccia
 - Integrazione della parte progettuale di **analisi** dati nell'applicazione

A decorative network diagram in the top-left corner, consisting of interconnected nodes and lines, rendered in a light gray color. The nodes are represented by small circles, some with a double-circle effect, and the lines are thin and light gray.

Grazie per l'attenzione