

Alma Mater Studiorum · Università di Bologna

SCUOLA DI SCIENZE
Corso di Laurea Magistrale in Informatica

Un approccio basato sul Web of Things per il monitoraggio e il controllo di strutture ed impianti industriali

Di Filippo Bottonelli

Relatore:
Chiar.mo Prof. Marco Di Felice

Correlatore:
Dott. Cristiano Aguzzi

Structural Health Monitoring (SHM)

Tutte le opere civili sono soggette a deterioramento che compromette lo stato del sistema e del suo futuro rendimento. Ne conseguono:

- ▶ Rendimento non più ottimale del sistema
 - ▶ Manutenzione straordinaria a causa del rischio di danneggiamento della struttura
- Impatto economico conseguente al rischio

Structural Health Monitoring indica una serie di approcci volti ad attuare misure di manutenzione predittiva e ad ottimizzare per numero e tempo gli interventi di manutenzione.

Internet of Things (IoT)

La vasta disponibilità di nuove tecnologie IoT e di strumenti di analisi permette l'integrazione di sensoristica nelle strutture ed impianti industriali e la connessione in rete del sistema di monitoraggio.

L'uso di dispositivi IoT porta con sé un problema di frammentazione ed interoperabilità tra dispositivi esistenti, tra formati di dati e protocolli di comunicazione eterogenei e complessi da gestire.

Soluzione: Web of Things

W3C Web of Things (WoT)

Paradigma che intende virtualizzare il concetto di **Thing**, rendendo accessibile sul web il corrispettivo virtuale di oggetti fisici e astratti.

Il W3C lavora dal 2017 alle specifiche dell'architettura Web of Things che diventeranno W3C Recommendation nel corso del 2020.

Una Thing indica l'astrazione di un'entità ed è descritta da una **Thing Description (TD)**, cioè dei metadati standardizzati che indicano le funzioni fornite dalla Thing e le modalità di interazione con essa.

L'architettura contempla tre tipi di interazione: **Proprietà, Azioni, Eventi**. E' inoltre previsto il collegamento mediante link tra Thing.

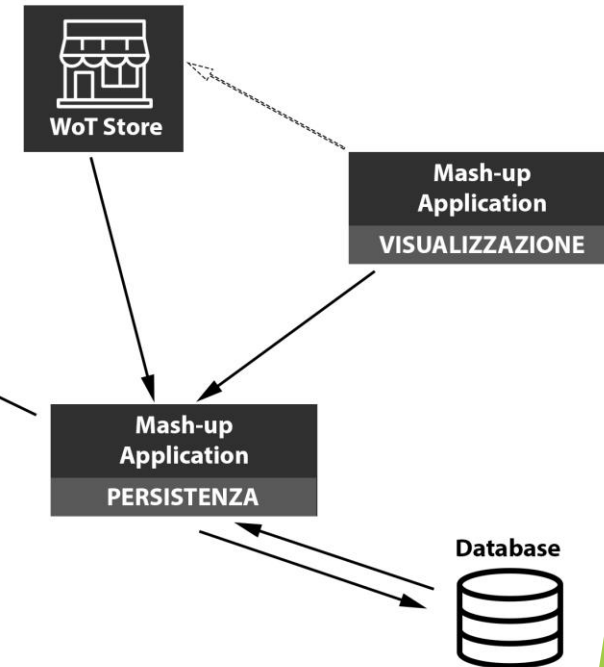
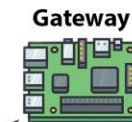
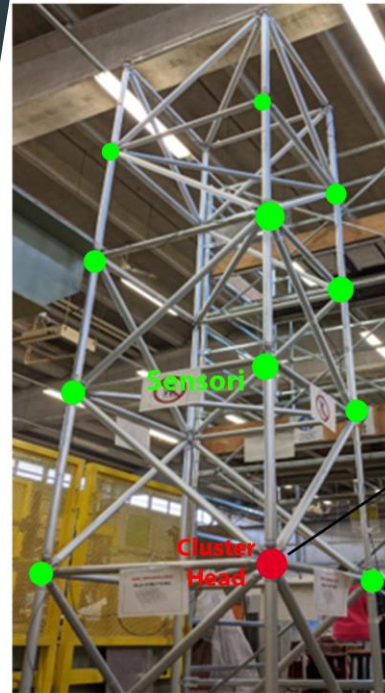
Obiettivo del progetto

Il progetto consiste nella realizzazione di una piattaforma per il monitoraggio strutturale basata sul Web of Things che:

- ▶ Si integri con reti di sensori predisposte al monitoraggio di opere civili
- ▶ Definisca semanticamente i sensori ed i contenuti da essi forniti, in accordo con requisiti e casi d'uso
- ▶ Consenta monitoraggio remoto dei sensori, sia per la lettura dei dati sia che per la loro configurazione in tempo reale
- ▶ L'architettura sia estendibile per supportare un arbitrario numero di sensori eterogenei

Architettura hardware

- ▶ Rete di sensori (accelerometri e piezoelettrici) installata sulla struttura
- ▶ Microcontrollore che esegue i comandi sui sensori
- ▶ Nodo edge che espone le Thing associate ai sensori
- ▶ Attori esterni che usufruiscono della piattaforma



Architettura software (1)

La piattaforma è costituita da due blocchi che dialogano attraverso un livello di comunicazione:

- ▶ Blocco System API, per l'interrogazione dei sensori fisici
- ▶ Blocco Web of Things, per l'esposizione delle Thing sul web

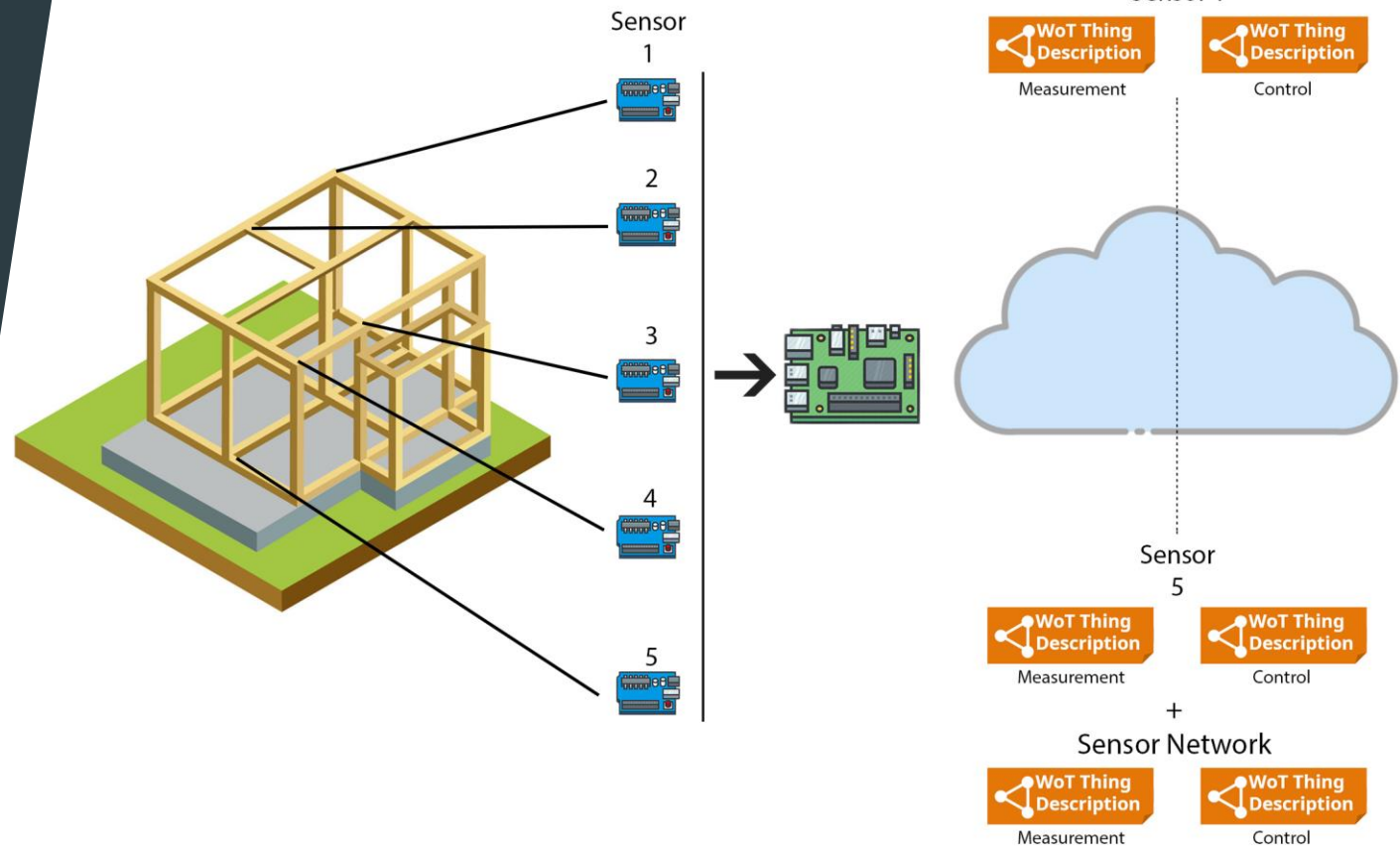
La suddivisione permette di avere più applicazioni WoT in esecuzione sulla stessa rete di sensori e dipendenti da un solo blocco System API, in quanto la rete di sensori non può gestire richieste multiple parallele.

Modellazione delle Thing (1)

Ogni sensore fisico e ogni rete di sensori nel suo insieme hanno due rispettive Thing virtuali:

- ▶ Misurazione, per la lettura dei dati campionati
- ▶ Controllo, per la configurazione dei sensori

L'accesso alle risorse avviene previa autenticazione ed è selettivo, in base alle autorizzazioni concesse all'utente.



Modellazione delle Thing (2)

Per ogni tipologia di sensore supportato dalla piattaforma è stato necessario:

- ▶ Modellare una apposita Thing Description seguendo le specifiche W3C
- ▶ Implementare un'interfaccia software che colleghi le funzioni descritte nella TD con il relativo comando interno alla piattaforma
- ▶ Ricercare le adeguate ontologie per descrivere semanticamente il modello di dati presentato nella TD

Modellazione delle Thing (3)

Il primo passo è quello di definire il modello dati da esporre nella Thing Description. Di seguito è riportato il modello dati relativo alla Thing sensore di tipo accelerometro.

Proprietà

- Acceleration
- AccelerationSamples
- Gyroscope
- GyroscopeSamples
- GravityScale
- GyroscopeScale
- AccelerationThreshold
- GyroscopeThreshold

Azioni

- SelfTest

Eventi

- AccelerationThresholdReached
- GyroscopeThresholdReached

Modellazione delle Thing (4)

Il modello di dati viene poi integrato nella Thing Description, seguendo le specifiche W3C.

Il TD è infine arricchito di uno strato semantico tramite l'aggiunta di ontologie atte a descrivere i dati presentati.

JSON-LD

```
{
  "title": "sensor-1-measure",
  "description": "Measurement thing for sensor 1",
  ...
  "properties": {
    "Acceleration": {
      "ssn:forProperty": "qudt:Acceleration",
      "type": "object",
      "@type": "sosa:Observation",
      "readOnly": true,
      "properties": {
        "sosa:hasResult" : {
          type: "object",
          "@type" : "sosa:Result",
          "properties": {
            x: {
              type: "number",
              unit: "qudt:Gravity"
            },
            y: {
              type: "number",
              unit: "qudt:Gravity"
            },
            z: {
              type: "number",
              unit: "qudt:Gravity"
            }
          }
        }
      }
    },
    "sosa:ResultTime": {
      type: "string",
      "@type" : "xsd:DateTime"
    }
  }
  ...
}
```

Implementazione

La piattaforma realizzata è composta da due applicazioni Node.Js scritte in TypeScript:

1. **Blocco System API:** prende in carico le richieste provenienti dalle Thing, inserendole in una coda che le elabora in sequenza. Inoltre, esegue un demone che preleva i campionamenti dai sensori e li salva in una *cache* interna per migliorare i tempi di risposta
2. **Blocco Web of Things:** incaricato di esporre le Thing sul web e di inoltrare le richieste provenienti dai client verso il Blocco System API



Testing

I test sono svolti per un periodo di circa due mesi su due strutture composte da barre di acciaio ospitate in ambienti chiusi.

Struttura #1:

5 sensori accelerometri e 1 piezoelettrico

Struttura #2:

12 sensori accelerometri

Valutazione prestazioni

La piattaforma è rimasta attiva sulle due strutture per un tempo totale di almeno due mesi, dimostrando di essere solida e funzionale in ogni suo aspetto.

Prestazioni

- ▶ L'utilizzo di CPU e RAM sono contenuti, nel rispetto della potenza di calcolo di un Raspberry Pi 3B+
- ▶ La frequenza di aggiornamento della *cache* locale interna all'applicazione relativa ai dati campionati dai sensori è piuttosto bassa

Conclusioni e sviluppi futuri

La piattaforma realizzata permette di eseguire monitoraggio strutturale e di impianti industriali rispettando gli obiettivi preposti:

- ▶ Esposizione sul web di dati in tempo reale utili al monitoraggio strutturale
- ▶ Interazione con un'eterogeneità di sensori mediate una modalità unificata grazie al paradigma Web of Things
- ▶ Descrizione semantica dei dati presentati per renderli interpretabili da altre applicazioni IoT

Sviluppi futuri

- ▶ Migliorare le prestazioni di interrogazione della rete di sensori
- ▶ Ampliare il bacino di sensori supportati dalla piattaforma per coprire altri casi applicativi in ambito SHM

Grazie dell'attenzione