

IO-LINK E MQTT AL SERVIZIO DELLA FABBRICA CONNESSA: IL PROGETTO EUROPEO HICONNECTS



CONNECTS

A cura di Giuseppe Fazio et al. ()*

Sommario

Introduzione

Motivazione

Caso d'Uso: Integrazione del pulitore ad ultrasuoni

Infrastruttura IoT

Protocolli di comunicazione

Data Analytics

Risultati

Conclusioni

HiCONNECTS project

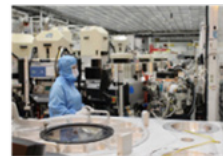
Il progetto europeo HiCONNECTS porta nelle fabbriche un'infrastruttura IoT avanzata per il monitoraggio in tempo reale di impianti e sottosistemi. Grazie a sensori wireless IO-Link, protocollo MQTT e data analytics integrati, la soluzione consente di rilevare anomalie a distanza, ridurre i rischi di fermo macchina e accelerare la digitalizzazione dei processi industriali.

Introduzione

Il progetto mira a sviluppare un'infrastruttura IoT per il monitoraggio in tempo reale dei dati provenienti da sensori intelligenti, migliorando la produttività e la qualità nei processi industriali. Integrando il protocollo MQTT e sfruttando dispositivi intelligenti, sorgenti eterogenee di dati possono essere raccolte e elaborate in modo affidabile ed efficiente. Una GUI dinamica consente la visualizzazione in tempo reale delle metriche chiave e mettere in evidenza eventuali anomalie. Questa infrastruttura serve come esempio concreto di applicazione di rete IoT distribuita e tecnologie dell'Industria 4.0 per la digitalizzazione delle strutture di una industria manifatturiere.

L'attività descritta in questo articolo è parte del progetto collaborativo europeo HICONNECTS ed è stata sviluppata in collaborazione a CoreTigo (specialisti della comunicazione wireless) e a HORSa (realità italiana nell' ITC).

Clean Room
(production line)



Basement
(facilities)



Figura 2 – Linea di produzione e locale facilities

negli interventi manutentivi e con un alto rischio di fallimento della produzione.

Per superare queste problematiche e' necessario sviluppare un sistema che consenta di integrare facilmente informazioni di diversa natura e provenienti da sistemi distribuiti nel sito ed avere così un monitoraggio continuo ed efficace.

L'obiettivo del progetto è creare un'infrastruttura in grado di raccogliere dati provenienti da diversi dispositivi dislocati spazialmente, gestire trigger e fornire output come notifiche o comandi ad altri sistemi.

Caso d'Uso: Integrazione del pulitore ad ultrasuoni

Un pulitore ad ultrasuoni è un dispositivo collegato al tubo di exhaust di alcune camere di processo e consente di prevenire l'intasamento delle tubature dovuto

alla deposizione di materiale by product.

I pulitori ad ultrasuoni sono collocati nel locale facilities della fabbrica e distribuiti in diverse parti dell'area.

Nel caso d'uso abbiamo 7 Box distribuiti in un locale facilities di una linea di produzione, ogni box fornisce 4 segnali (vedi Tabella 1) per un totale di 28 variabili.

Il controller di questo dispositivo ha un display

Framework

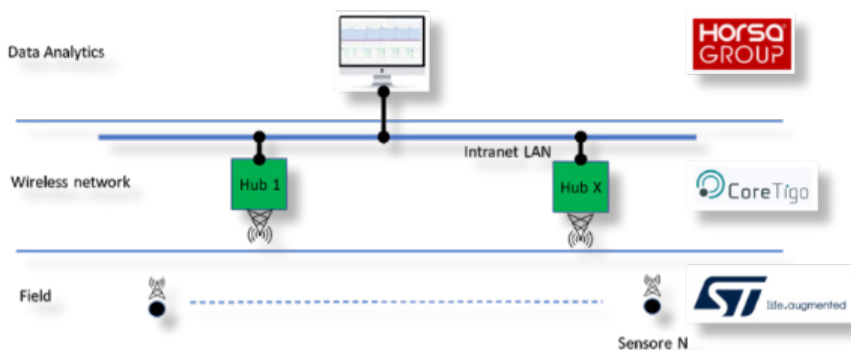


Figura 1 – Framework e partners del progetto

Motivazione

Per un controllo globale delle macchine di produzione è essenziale verificare non solo le parti relative alla camera e/o modulo di processo, ma è altresì fondamentale controllare i loro sottosistemi e le facilities collegate.

Tuttavia, gli strumenti e i dispositivi sono distribuiti in diversi edifici e ubicati in diverse zone della fabbrica (seminterrato, camera bianca, area grigia, ...).

Inoltre molti dispositivi hanno i controller non connessi alla rete aziendale (monitor locale), quindi lo stato dei sistemi viene monitorato tramite ispezione periodiche effettuate in loco da personale specializzato.

Quest'approccio non garantisce il rilevamento di anomalie in time con conseguente ritardo

Variabile	Descrizione	Stato
Variabile 1	Uscita di potenza	0%, 60% e 120%
Variabile 2	Uscita di errore	0, 1
Variabile 3	Problema di connessione del cavo	0, 1
Variabile 4	Sistema attivo	0, 1

Tabella 1

locale per la visualizzazione dello stato del sistema (errori e malfunzionamento). I segnali di errore sono visibili solo tramite LED integrati nel pannello, per verificarne lo stato un operatore deve recarsi fisicamente sul luogo dei Box. Questo approccio presenta problemi significativi, come ritardi nel rilevamento degli errori e un alto rischio di impatto sui lotti di produzione. L'obiettivo del progetto è di sviluppare una framework IoT, per consentire all'ingegnere di manutenzione di rilevare immediatamente l'anomalia e impostare interventi appropriati. L'infrastruttura IoT deve raccogliere i dati dai dispositivi installati sui singoli tubi di exhaust collegati alle macchine di produzione e pubblicare i dati sulla rete aziendale per il monitoraggio e la visualizzazione dei parametri da remoto.

Definizione infrastruttura IoT

- **Smart Device:** dispositivo in grado di identificarsi/localizzarsi/diagnosticarsi e acquisire/condividere dati;
- **Smart Network:** rete aperta, standard e multifunzionale.

Infrastruttura IoT

La rete IoT sviluppata consiste in due aspetti chiave:

1. Distribuzione della Rete di Sensori Wireless
 - Abbiamo distribuito una rete wireless per raccogliere dati da più sensori installati nel seminterrato di un fabbricato. I sensori comunicavano tramite un'interfaccia IO-Link Wireless con un punto di accesso, il Gateway, garantendo un'acquisizione dati senza interruzioni. Questa soluzione wireless ha permesso una semplice integrazione con le attrezzature esistenti, eliminando la necessità di cablaggi aggiuntivi e riducendo la complessità dell'installazione. Il nodo wireless ci consente anche di estendere con facilità eventuali nuovi punti di raccolta dati.
2. Formattazione e Pubblicazione dei Dati – Un software dedicato di pubblicazione MQTT è stato sviluppato e distribuito come un container Docker sul dispositivo Gateway. Questo software elabora i dati raccolti, li formatta in una struttura JSON personalizzata e li pubblica tramite MQTT su un server remoto, garantendo un'integrazione senza

soluzione di continuità con i requisiti specifici del progetto.

La rete di sensori wireless è stata implementata, consentendo una raccolta dati senza interruzioni tramite l'interfaccia IO-Link Wireless. Il software dedicato al publisher MQTT, in esecuzione come container Docker sul Gateway, elabora i dati raccolti e li trasmette nel formato JSON personalizzato al server remoto.

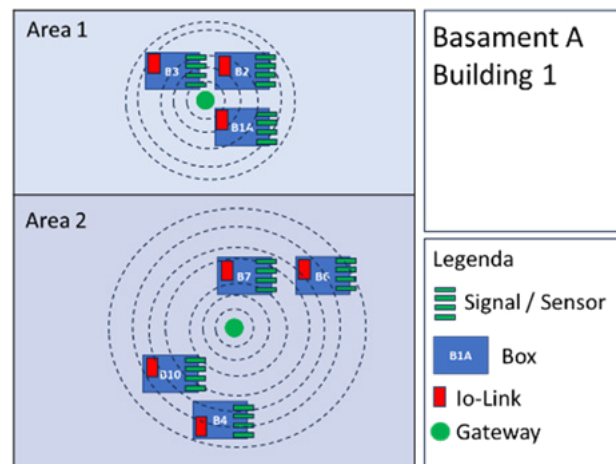


Figura 3 – Nodi Io-Link wireless

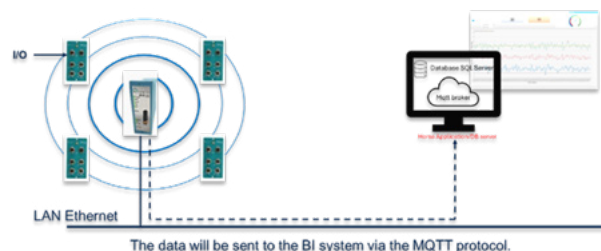


Figura 4 – Rete IoT implementata

Protocolli di comunicazione

La rete IoT Per il collegamento alla rete aziendale e la pubblicazione dei dati la framework utilizza protocolli standard molto diffusi in ambito industriale: Io-Link, MQTT, JSON.

La scelta di tali protocolli si è rivelata strategica per il progetto, grazie ai seguenti vantaggi:

- Trasmissione dati efficiente: L'architettura leggera del protocollo minimizza l'overhead dei pacchetti, rendendolo adatto a scenari con larghezza di banda limitata.
- Basso consumo energetico: Il design ottimizzato minimizza l'uso di energia, un fattore critico per i dispositivi autoalimentati.
- Comunicazione in tempo reale: Il modello publish/subscribe garantisce una bassa latenza, essenziale per il monitoraggio in tempo reale.

- Affidabilità: Tre livelli di Qualità del Servizio (QoS) permettono di personalizzare l'affidabilità richiesta per ogni messaggio.
- Scalabilità: Il protocollo supporta un numero crescente di dispositivi senza compromettere le prestazioni complessive.

Di seguito una descrizione sommaria dei protocolli utilizzati.

IO-Link

IO-Link è uno standard industriale (IEC 61131-9) per le comunicazioni in rete, con sensori e attuatori. Lo standard può essere usato sia su rete di tipo fieldbus sia reti di tipo Ethernet ed è caratterizzato da un segnale digitale, un verso bidirezionale, un tipo di connessione point-to-point, e dal poter utilizzare sia reti cablate, sia reti senza fili.

Un sistema conforme allo standard IO-Link deve essere composto da due tipi di elementi: un master e uno o più device (dispositivi: sensori o attuatori).

Il master possiede una diversa porta di comunicazione (di tipo IO-Link) per ogni dispositivo ad esso collegato. Il master è quindi l'interfaccia che consente la comunicazione tra i dispositivi (sensori e attuatori) ed un controller di alto livello.

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), ritenuto ideale per le esigenze di comunicazione del progetto.

Caratteristiche e Vantaggi del Protocollo MQTT
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) è un protocollo standard ISO (ISO/IEC PRF 20922) basato su TCP/IP, progettato per applicazioni M2M (Machine-to-Machine) e IoT (Internet of Things). È stato sviluppato per gestire comunicazioni affidabili anche in ambienti con connessioni intermittenti o larghezza di banda limitata, rendendolo perfettamente adatto per l'acquisizione di dati da dispositivi distribuiti come i sensori utilizzati nel progetto in questione. Il modello di comunicazione publish/subscribe, centrale per il protocollo, differisce dal tradizionale modello client/server:

- Broker centrale: Funziona come intermediario tra i dispositivi, ricevendo messaggi dai publisher e inoltrandoli agli abbonati interessati. Questa architettura disaccoppia il mittente dal destinatario, migliorando la scalabilità e la flessibilità.
- Argomenti: I messaggi sono organizzati in "argomenti," che rappresentano canali logici.

Questo consente una gestione ordinata e modulare dei flussi di dati specifici.

JSON(JavaScript Object Notation)

I dati raccolti dai sensori vengono trasmessi come messaggi JSON). Questo formato è stato scelto per la sua natura leggera e la capacità di rappresentare dati complessi in modo chiaro e leggibile.

Ogni messaggio JSON include i seguenti campi:

- Gateway: Identificatore del gateway responsabile della trasmissione dei dati.
- Etichetta: Identificatore del dispositivo (ad esempio, "B1A").
- Dati: Array contenente le letture dei sensori, descritte da:
 - Porta: Variabile letta per ciascun dispositivo.
 - Tipo: Tipo di dato (ad esempio, Analogico, Digitale).
 - Valore: Valore misurato dal dispositivo.
- Timestamp: Array contenente la data e l'ora di ricezione dei dati (in millisecondi).

The body example:

Example:

```
{
  "data": [
    {
      "label": "TI_ProcessDataIn_Value",
      "value": "[0.7]",
      "unit": "foot per second",
      "name": "Flow",
      "description": "Current flow"
    }
  ],
  "label": "PD_INPUT",
  "timestamp": "[87564000]"
}
```

Figura 5 – Esempio del protocollo JBSON

Data Analytics

I dati raccolti sono memorizzati in un database centralizzato di SQL Server Management. Quindi è stata sviluppata una GUI dinamica all'interno della piattaforma per visualizzare graficamente le quattro variabili di ciascun Box, associato a un Gateway.

Nella GUI sono visualizzati i Box connessi alla rete, lo stato delle variabili collegate, i Gateway attivi, una tabella con la mappatura delle macchine di produzione e una tabella con la descrizione delle variabili.

Le due tabelle sono molto utili per identificare

immediatamente la macchina coinvolta e la descrizione delle variabili, la codifica a colori consente di capire immediatamente lo stato delle variabili.

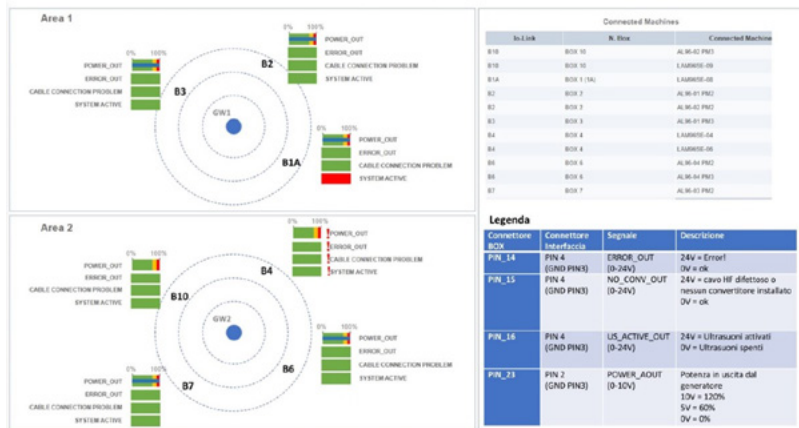


Figura 6 – GUI sviluppata

La GUI è programmata per aggiornare i dati con una periodicità definita dall'utente, garantendo la disponibilità delle informazioni in modo appropriato rendendo così il sistema ottimizzato alla specifica applicazione.

Un sistema di notifica grafica evidenzia le anomalie, come errori o interruzioni di connessione, avvisando l'utente se i dati visualizzati diventano obsoleti (superando un intervallo definito dall'ultima query).

La possibilità di una supervisione remota dei sistemi distribuiti permette di notificare immediatamente le anomalie ed effettuare interventi di manutenzione in tempi brevi.

Risultati

La rete IoT wireless consente di raccogliere i dati distribuiti in punti diversi dei fabbricati rendendo così la connessione alla rete aziendale flessibile e scalabile; Il nodo wireless ci consente di estendere con facilità eventuali nuovi punti di raccolta dati.

Con il monitoraggio remoto le ispezioni fisiche non sono più necessarie per controllare lo stato dei sistemi. I parametri sono ora accessibili da qualsiasi dispositivo in grado di interrogare il Box, fornendo un controllo continuo e immediato, anche in ambienti distribuiti.

La rete IoT integrata consente di rilevare immediatamente anomalie o malfunzionamenti, permettendo interventi rapidi e mirati.

Conclusioni

La soluzione sviluppata consente di monitorare gli strumenti sul campo e di rilevare anomalie



Figura 7 – Ispezione remota

in automatico e da remoto consentendo ai responsabili delle manutenzione di intervenire immediatamente in caso di problemi e di anticipare anomalie.

La soluzione adottata consiste di un nodo wireless lo-Link e di un Business Intelligent software.

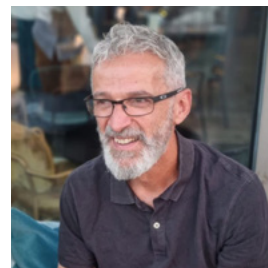
Il nodo del protocollo wireless lo-Link, costituito da un master e un dispositivo, può raccogliere variabili in diversi spazi dell'edificio. Con il concetto di cella, è possibile coprire un'ampia superficie.

Il sistema modulare del software BI può estendere l'applicazione e può essere integrato facilmente nelle complessità della fabbrica.

Queste soluzioni aumentano la flessibilità, l'adattabilità e la modularità, consentendo una digitalizzazione delle macchine ad alte prestazioni più rapida e flessibile.

(*) HiCONNECTS project

The work presented in this paper has received funding from the KDT Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 101097296. The JU receives support from the European Union's Horizon EU research and innovation programs and involves 15 countries: Austria, Belgium, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Israel, Italy, Netherlands, Romania, Sweden, Switzerland and Turkey



Giuseppe Fazio, laureato in Fisica presso l'Università Statale di Milano, lavora nell'industria dei semiconduttori dal 2000. Nel corso della sua carriera, si è occupato di vari aspetti relativi alla manufacturing science, acquisendo una vasta esperienza e competenze nel settore.
giuseppe.fazio@st.com