



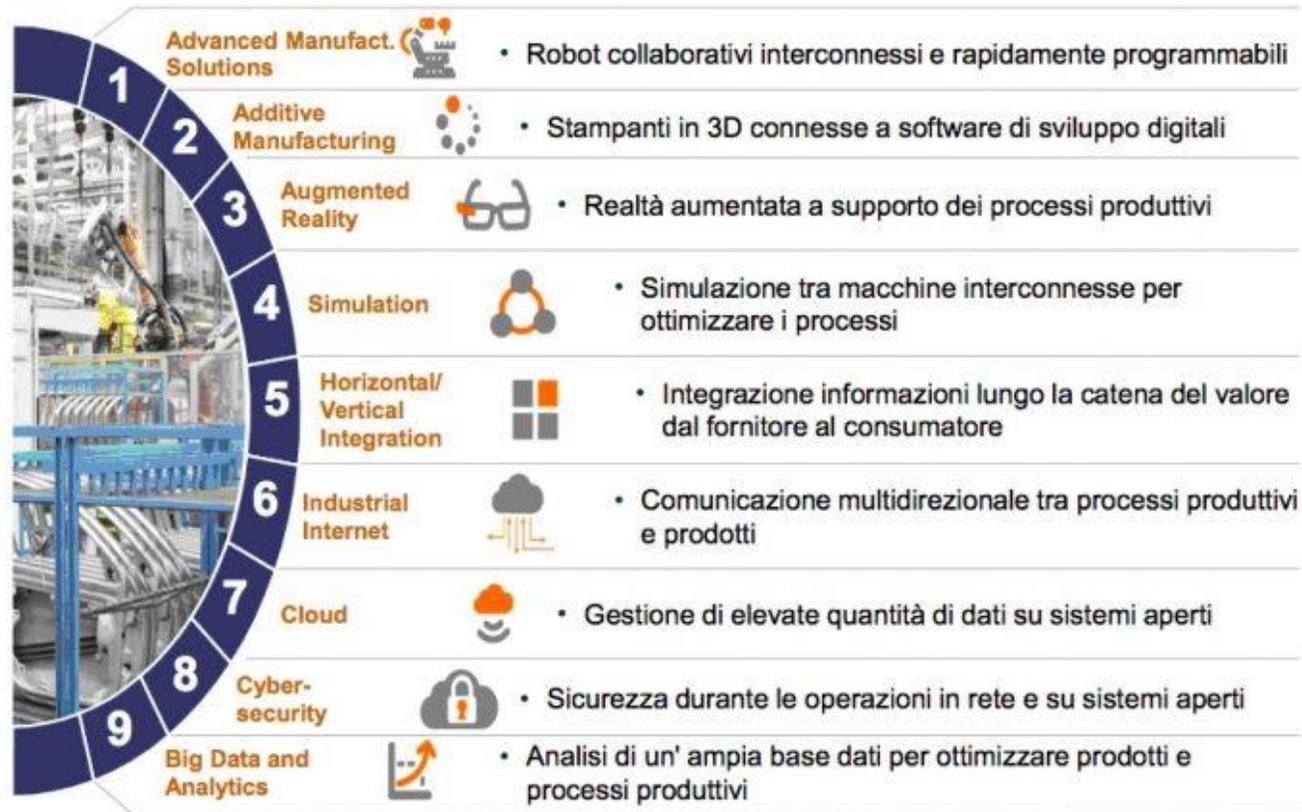
Progettazione e Realizzazione di un Sistema per l'Interazione Uomo-Macchina basato sui Digital Twin

Relatore: Prof. Marco Picone

Candidato: Menini Giorgio

Correlatore: Prof. Valeria Villani

Industria 4.0



Fonte: MISE

Per Industria 4.0 s'intende un nuovo **modello di produzione e di gestione dell'azienda** che implica:

- Utilizzo di macchinari connessi (IIoT)
- Raccolta e analisi dei dati
- Utilizzo del cloud
- Simulazione scenari

Human-Machine Interaction

Un sempre maggior numero di sistemi cyber-fisici ha fatto crescere la necessità di studiare a fondo le HMI per garantire:

- **Funzionalità**
- **Usabilità**

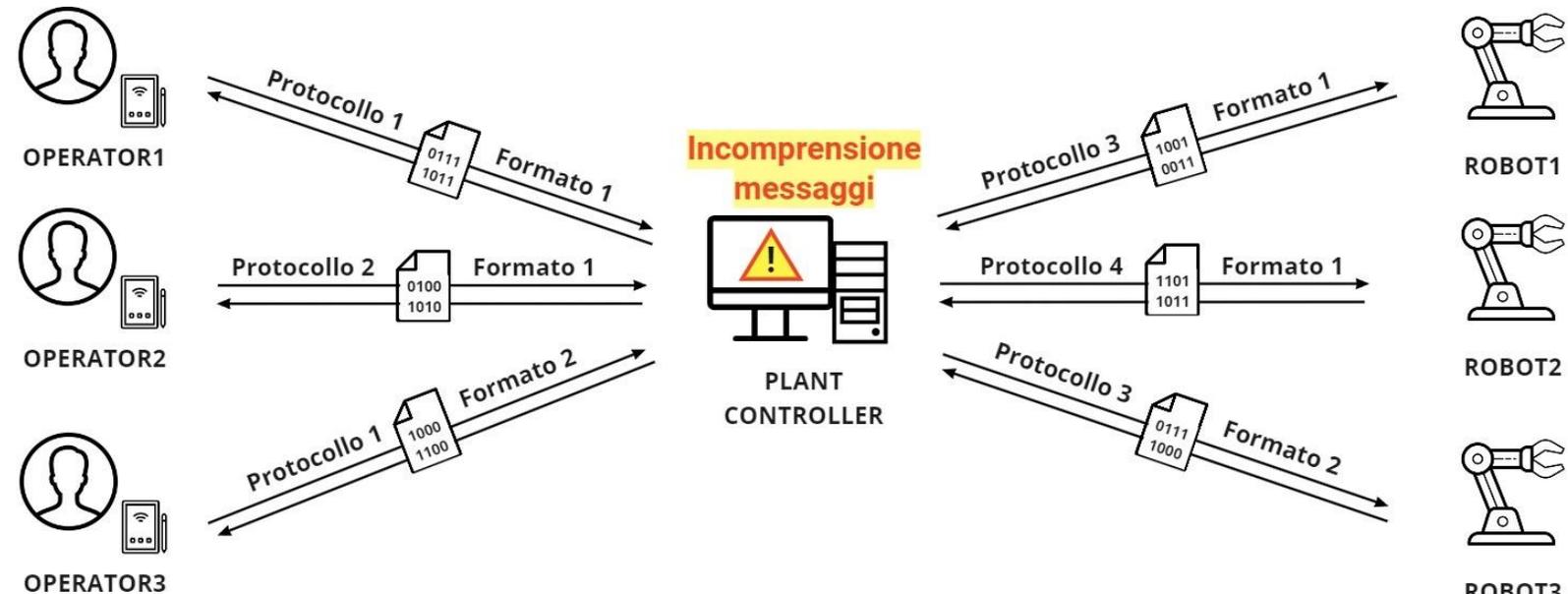


Fonte: Universal Robot

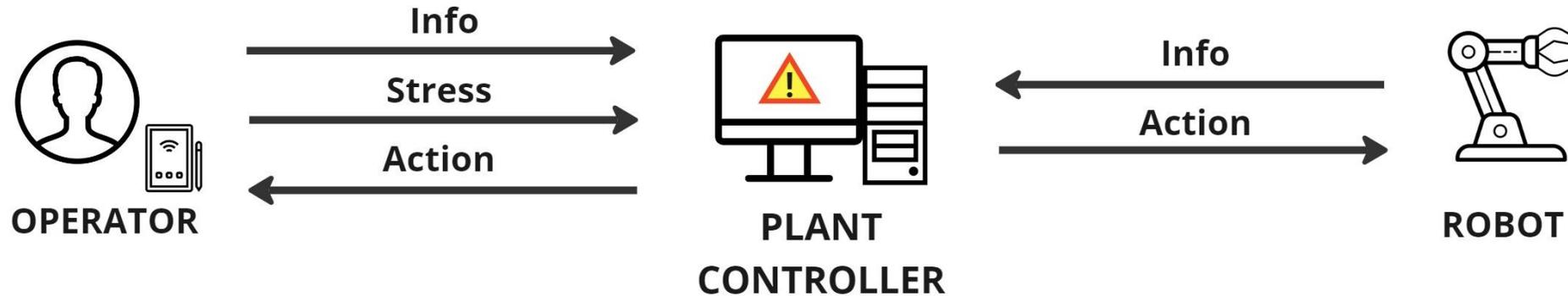
Open Challenges e Obiettivi

L'Industria 4.0 ha introdotto anche alcune **complessità**:

- Eterogeneità dell'ambiente fisico
- Eterogeneità delle modalità di comunicazione



Use case

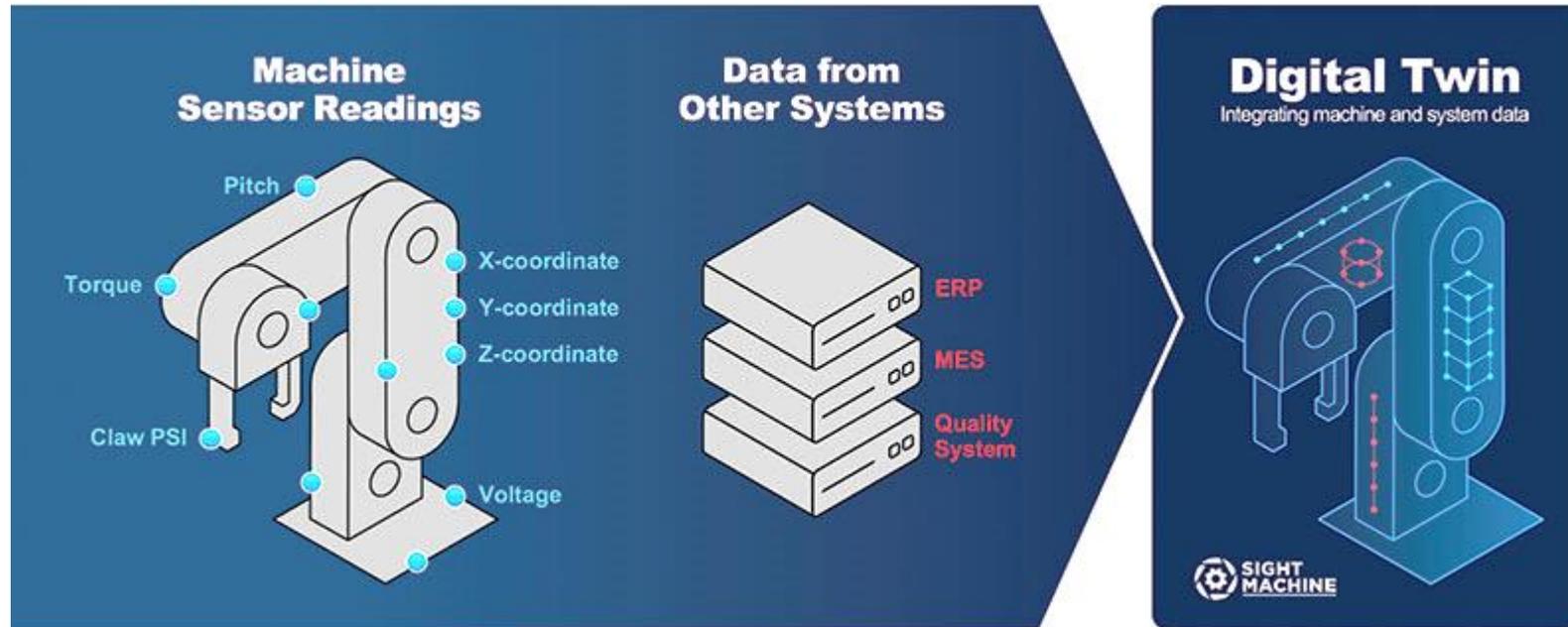


Nel caso d'uso preso in esempio vi sarà **un operatore** e **un robot** che attraverso i loro protocolli vogliono comunicare con il **Plant Controller**.

La necessità di avere una **comunicazione omogenea e veloce** fa nascere un problema.

Tale tesi ha come scopo quello di sperimentare come l'uso dei **Digital Twin** possa risolvere tali problemi.

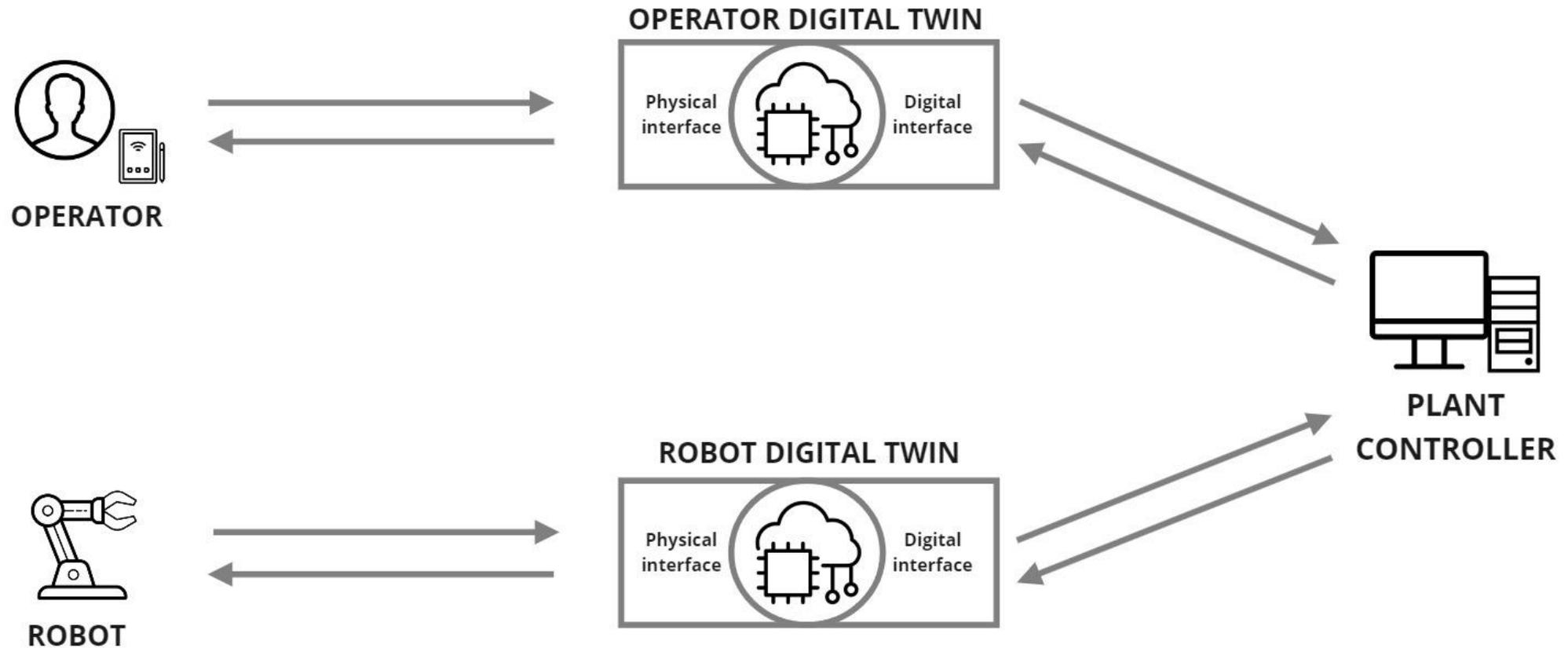
Digital Twin



Un Digital Twin (DT) è una **rappresentazione software** completa di un oggetto fisico.

Include le **proprietà**, le **condizioni** e i **comportamenti** dell'oggetto reale attraverso modelli e dati.

Progetto - Architettura



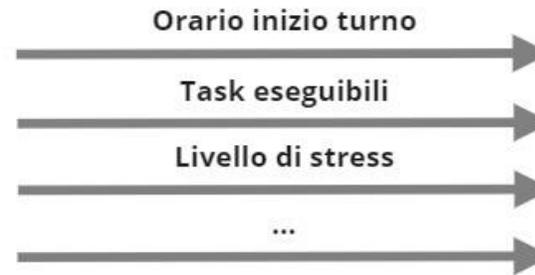
Operatore

L'operatore dovrà **comunicare**:

- Le proprie informazioni lavorative
- Le proprie informazioni fisiche



OPERATOR



OPERATOR DIGITAL TWIN



Ma dovrà anche **rimanere in ascolto**
per eventuali:

- Allocazione per task
- Avvio/Stop missione



OPERATOR



OPERATOR DIGITAL TWIN

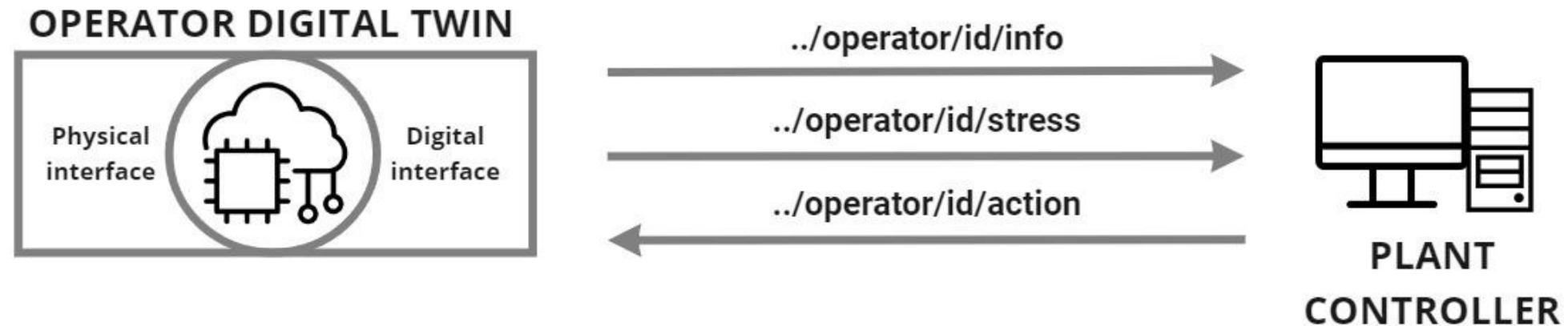


Operator Digital Twin

L'Operator Digital Twin dovrà:

- Inviare le info dell'operatore ricevute verso il Plant Controller
- Ricevere le azioni dal Controller da inviare poi al proprio operatore

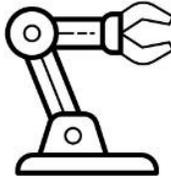
Il DT fa da mediatore e traduttore da e verso l'operatore eliminando la complessità fisica



Robot

Il robot **comunicerà** al proprio DT:

- La posizione in cui si trova e tutte le proprie impostazioni
- I task che può realizzare



ROBOT

Posizione giunti

Tipologia e stato end effector

Velocità

Task eseguibili

ROBOT DIGITAL TWIN

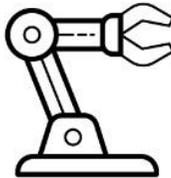
Physical interface



Digital interface

Ma dovrà anche **rimanere in ascolto** per eventuali:

- Assegnamento operatore
- Avvio/Stop missione
- Cambio velocità



ROBOT

Assegnamento operatore

Coordinate movimenti

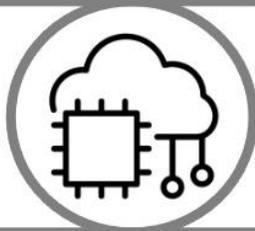
Coordinate home

Avvio/Stop missione

Cambio velocità

ROBOT DIGITAL TWIN

Physical interface



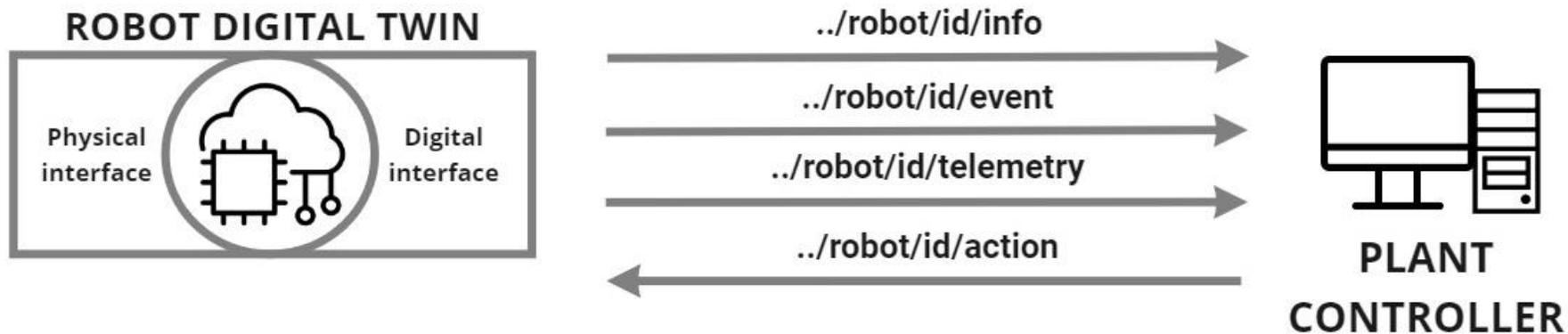
Digital interface

Robot Digital Twin

Il Robot Digital Twin come quello dell'operatore dovrà:

- Inviare le info ricevute dal robot verso il Plant Controller sui topic opportuni
- Ricevere le azioni dal Controller da inviare poi al robot associato

Il DT fa da mediatore e traduttore da e verso il robot eliminando la complessità fisica

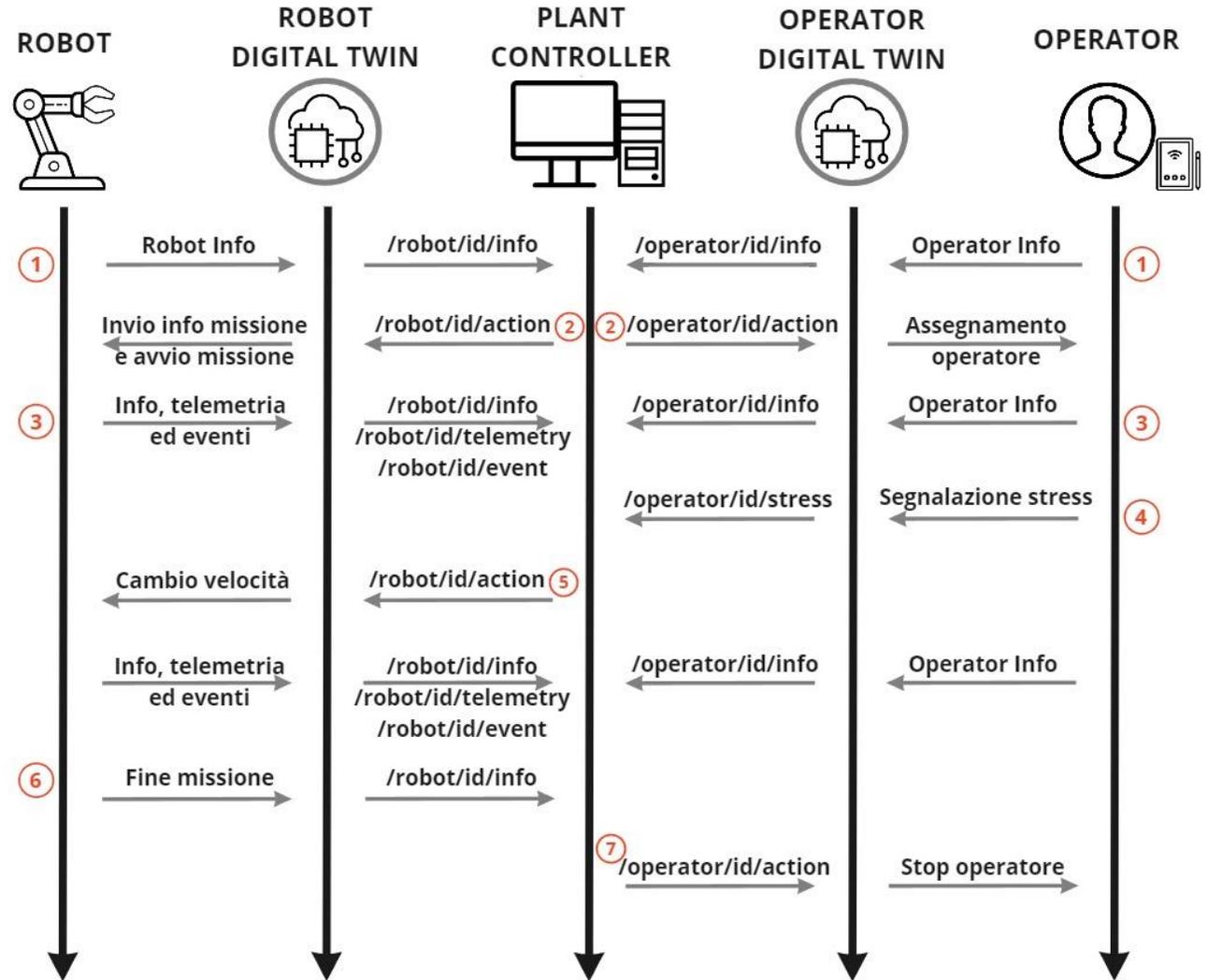


Plant Controller

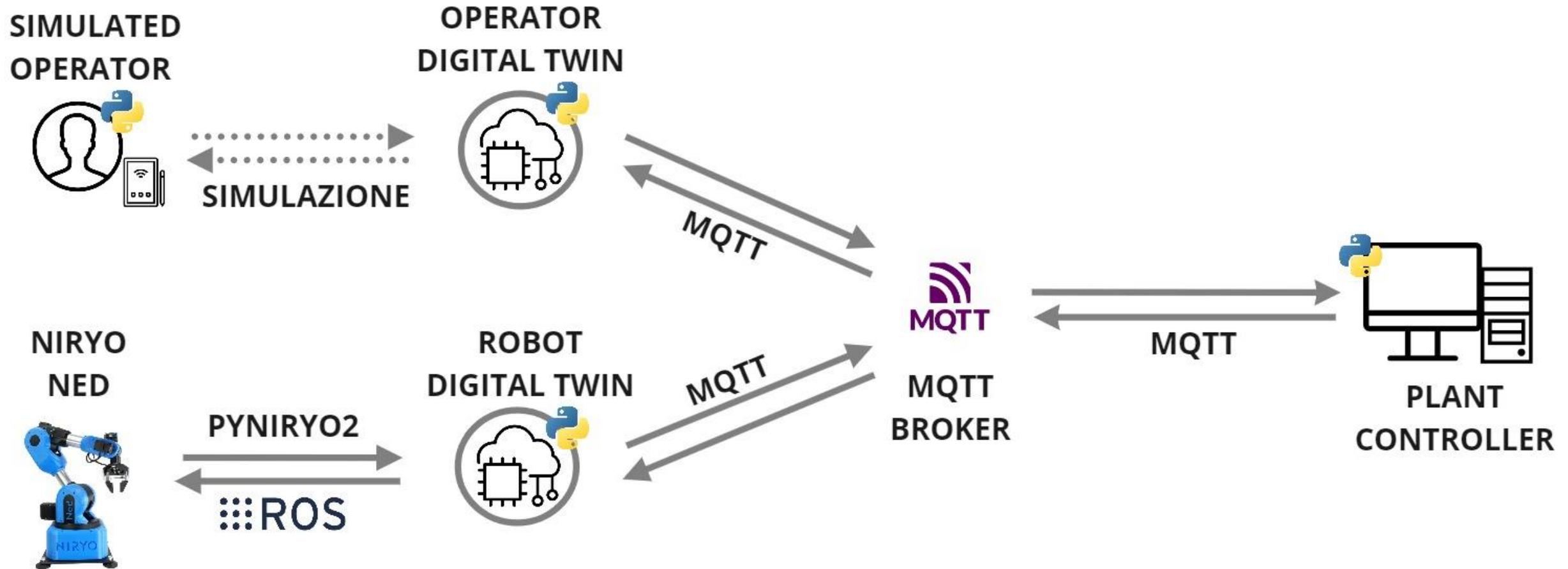
Il Plant Controller potrà:

- **ascoltare i diversi DT**
- avere informazioni sulle varie entità fisiche
- **comunicare con le altre entità**

Il Plant Controller ha una sola modalità e protocollo di comunicazione e a questi **si adattano i Digital Twin.**



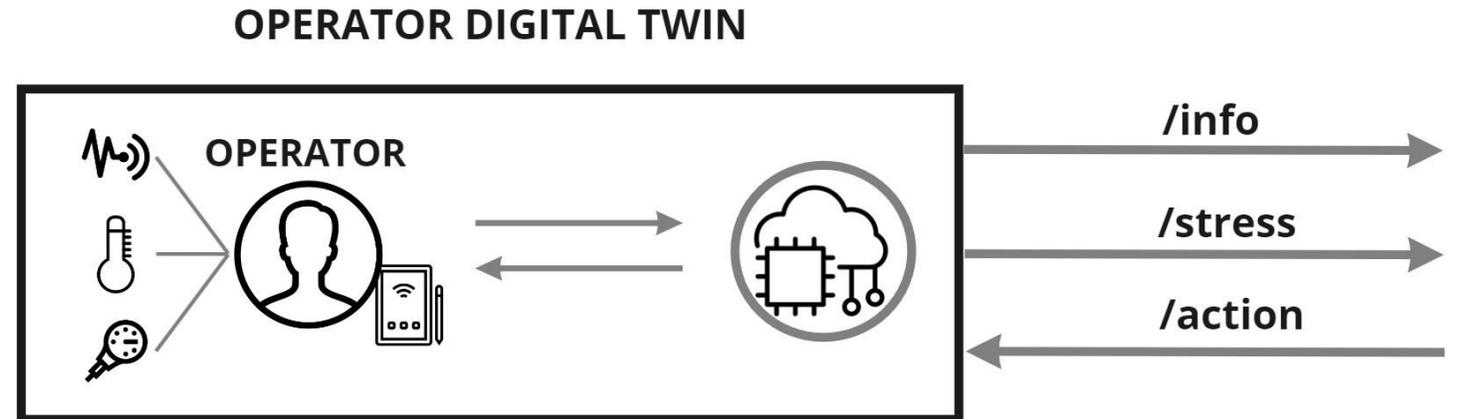
Implementazione



Operatore e Operator Digital Twin

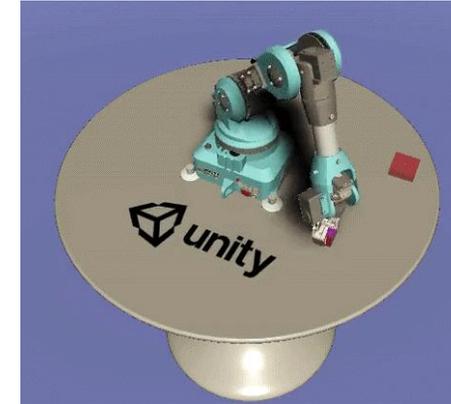
Implementazione dell'operatore e del suo Digital Twin:

- **Operatore** e tutti i suoi segnali **simulato** all'interno del DT
- **Definizione di un client MQTT** per la comunicazione con l'esterno



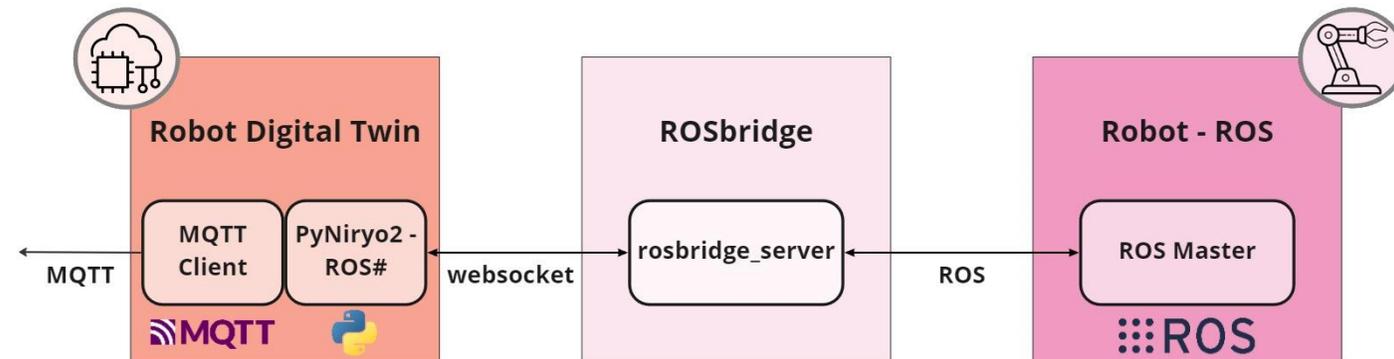
Robot e Robot Digital Twin

Il robot è stato implementato prima all'interno di una scena virtuale con Unity e poi nella realtà utilizzando il Niryo Ned.



Il Robot Digital Twin viene implementato:

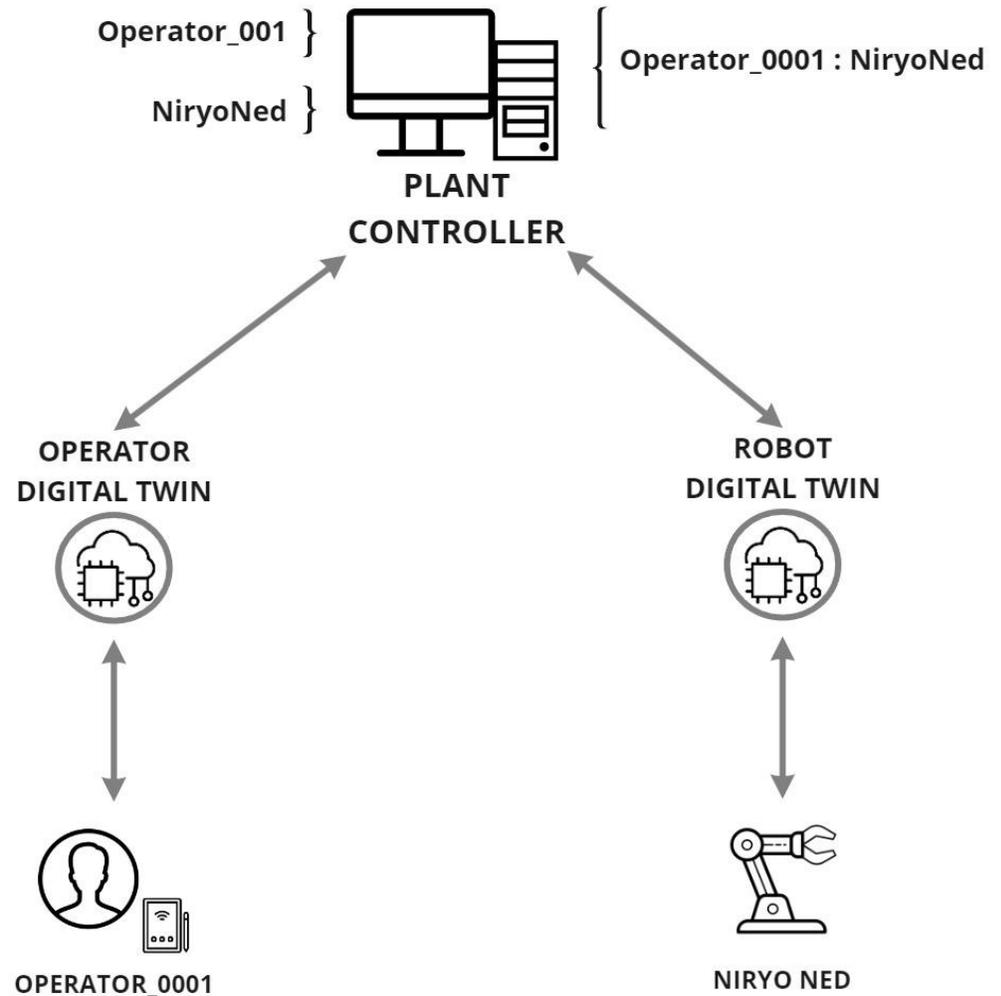
- **Istanziando un client MQTT** per parlare con le altre entità digitali
- **Importando le librerie (PyNiryo2/ROS#)** per parlare con il robot



Plant Controller

Il Plant Controller riceve tutte le registrazioni dei diversi Digital Twin e salva le loro informazioni al suo interno.

Quando deve pianificare una nuova missione recupera le informazioni delle varie entità per decidere a chi assegnarla.



Valutazione sperimentale

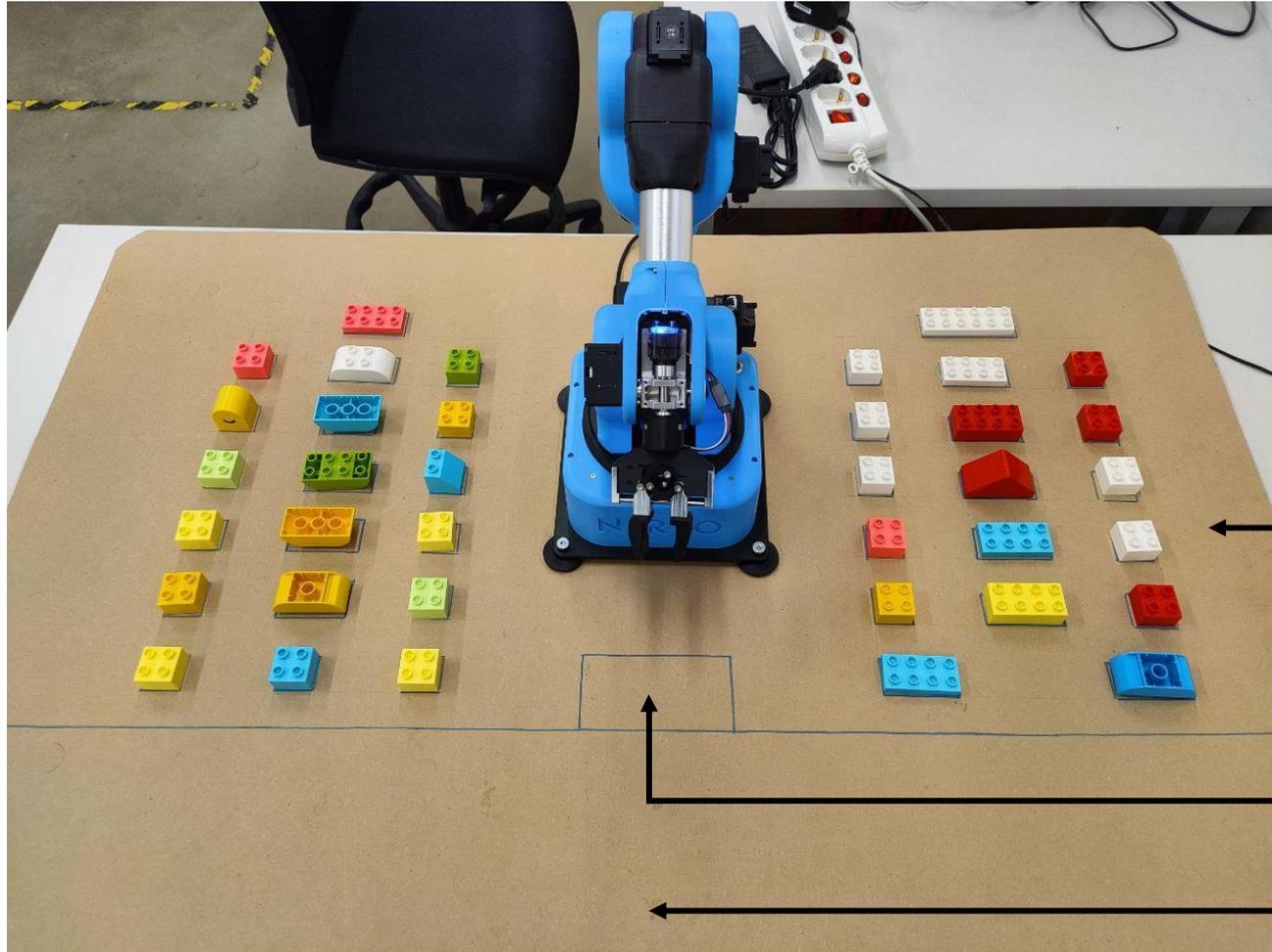


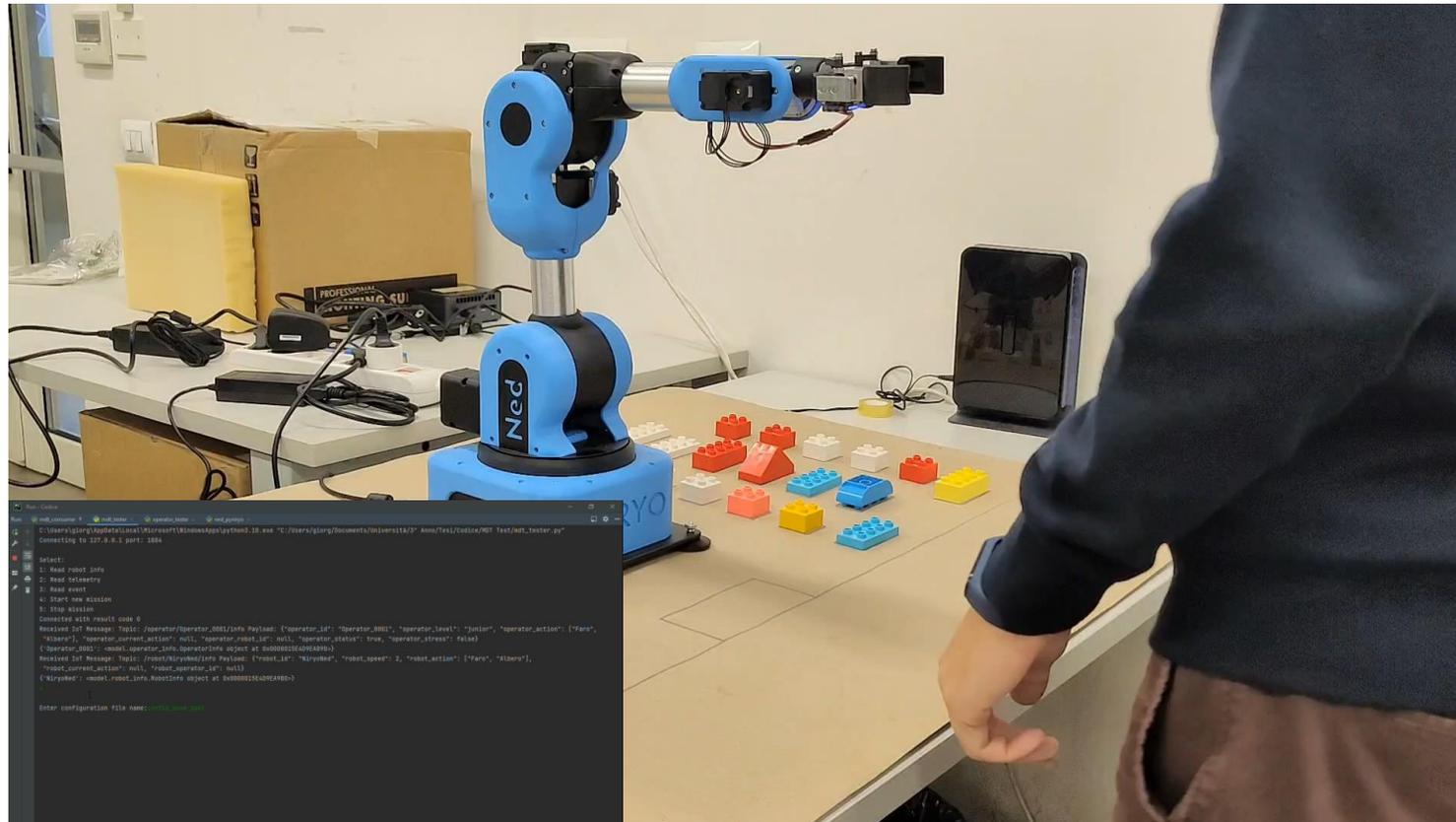
Figure realizzabili

Area di prelievo

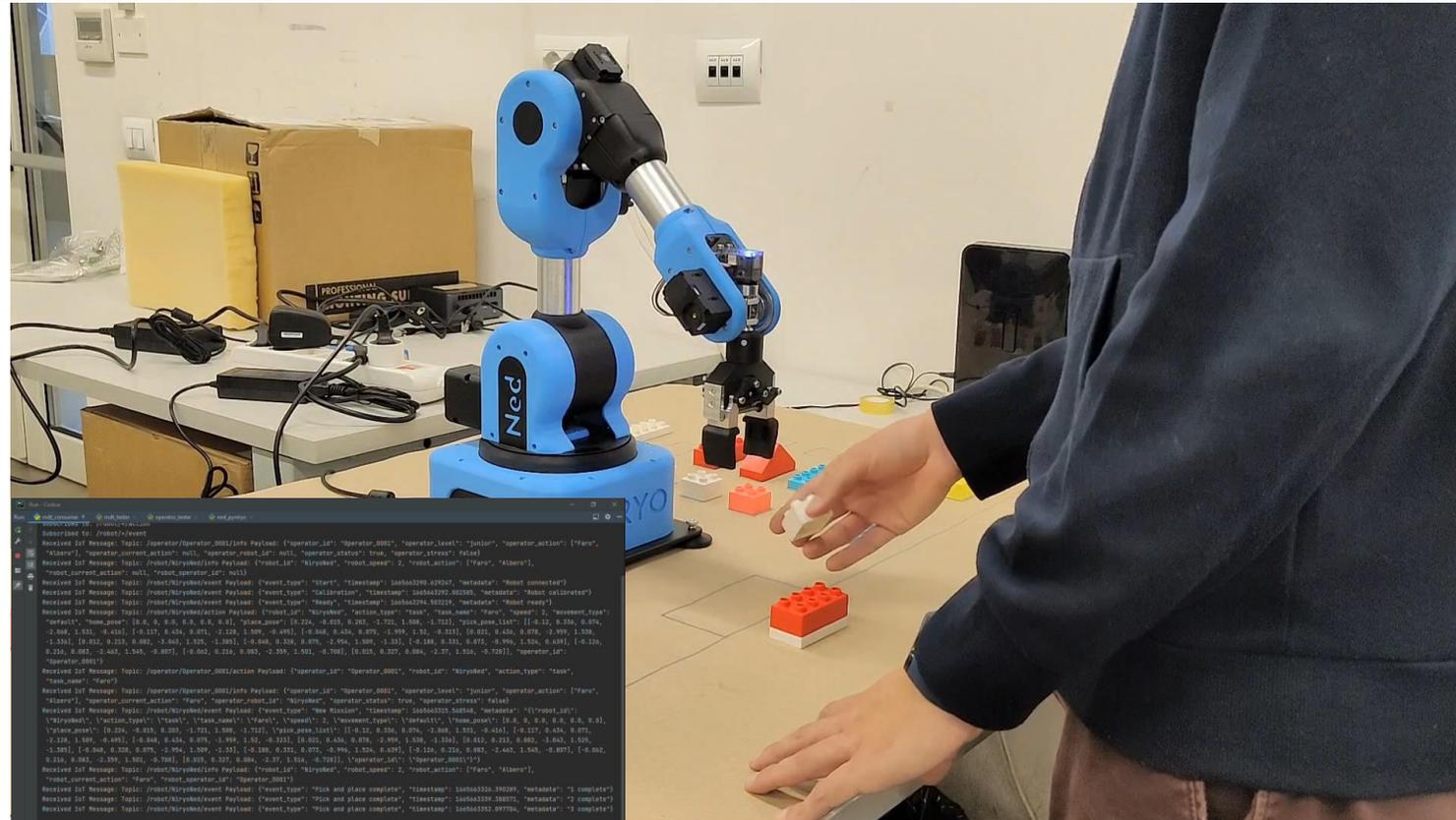
Area di scarico pezzi

Area di lavoro dell'operatore

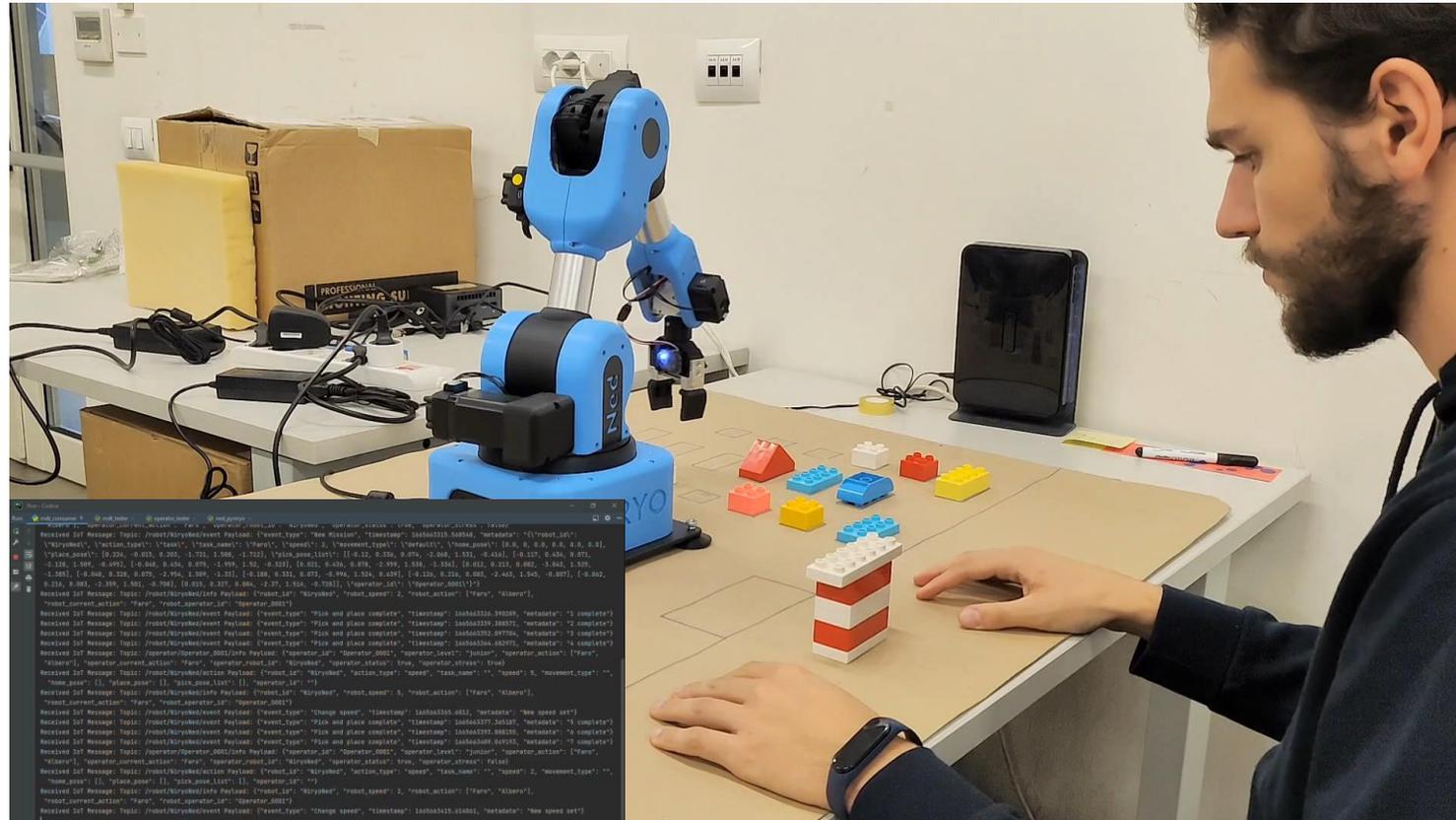
Valutazione sperimentale



Valutazione sperimentale



Valutazione sperimentale



A background network diagram consisting of a complex web of thin grey lines connecting various nodes. The nodes are represented by circles of different sizes and colors, including dark blue, light blue, and grey. Some nodes are larger and more prominent, while others are smaller and less noticeable. The overall layout is dense and interconnected, suggesting a global or multi-faceted network.

**Grazie per la vostra
attenzione**