

Smart Sensing con ESP32

Autor: Susanna Peretti **Autor:** Marzio Della Bosca

Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo"

10 luglio 2025

Indice

1 Topologia di rete

2 Modelli

3 Conclusioni

Contesto applicativo

Nel corso del progetto abbiamo implementato una rete robusta a guasti temporanei da parte dei nodi che effettuano campionamenti. Nel nostro caso abbiamo implementato una rete composta da 4 nodi ESP32. Uno

mette in comunicazione la rete con un database cloud online (InfluxDB), un altro si occupa invece di eseguire dei modelli di forecasting in modo da permettere alla rete di continuare a funzionare nonostante guasti sui nodi di campionamento. I nodi di campionamento sono 2, uno si occupa di acquisire la temperatura ogni 5 secondi mentre l'altro esegue lo stesso compito ma prelevando l'umidità

Nodi di rete

Nodo Edge

Si occupa di acquisire i dati dai nodi e mandarli a InfluxDB.

Nodo di Forecasting

Dietro richiesta da parte del nodo Edge, predice ed invia al nodo Edge temperatura e/o umidità a 5 secondi, in continuo, sui rispettivi dati degli ultimi 20 secondi.

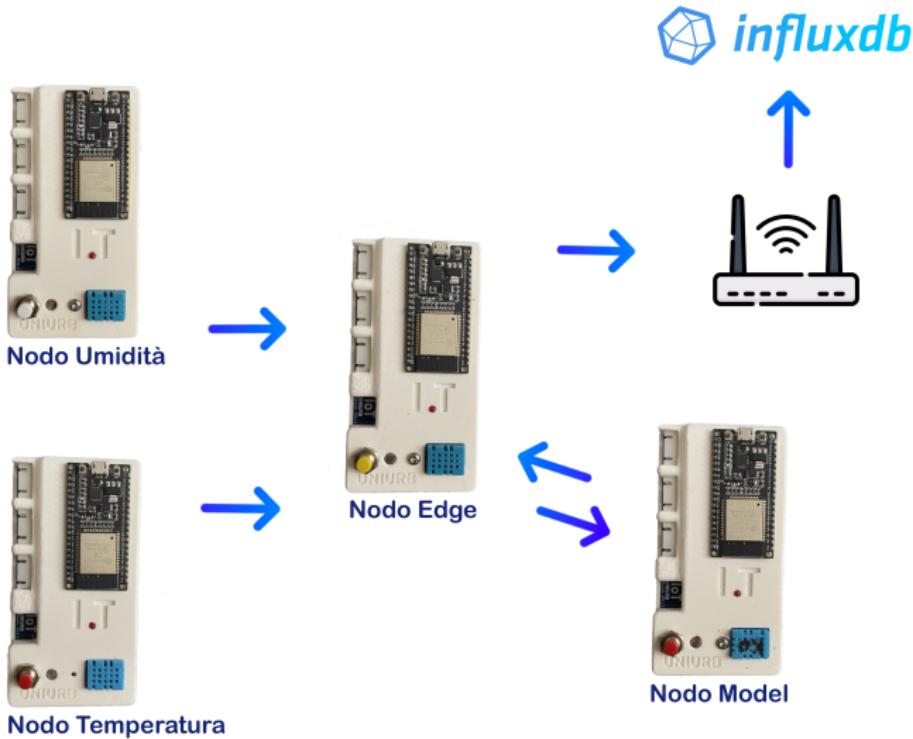
Nodo Umidità

Campiona ed invia al nodo Edge l'umidità rilevata.

Nodo Temperatura

Campiona ed invia al nodo Edge la temperatura rilevata.

Nodi di rete



Comunicazione

La comunicazione avviene attraverso due tecnologie:

- ESP-NOW, per la comunicazione tra i nodi della rete e il nodo Edge.
- Wi-Fi IEEE 802.11 per l'upload dei dati di input a InfluxDB da parte del nodo Edge.

Modelli valutati (1/2)

Una fase importante del progetto ha riguardato la selezione del modello più adatto da convertire in formato **TensorFlow Lite (TFLite)**, da eseguire su **ESP32**.

Modelli analizzati:

- **CNN (Convolutional Neural Network)**: Utilizza due layer convoluzionali 1D (kernel size 3 e 2) per estrarre pattern locali, seguiti da un layer denso con 15 neuroni e un layer di output. Ottimizzazione con Adam e perdita MSE.
- **LSTM (Long Short-Term Memory)**: Input di forma $(4, 2)$. Il layer LSTM principale cattura le dipendenze temporali e genera un vettore, passato a due layer densi (ultimo con 1 neurone e attivazione lineare).

Modelli valutati (2/2) – MLP

- **MLP (Multi-Layer Perceptron)** – due varianti:
 - **MLP-1:** due layer densi nascosti seguiti da un layer di output lineare.
 - **MLP-2:** architettura più profonda con quattro layer densi per aumentare la capacità espressiva del modello.

Entrambi i modelli utilizzano la funzione di attivazione ReLU, l'ottimizzatore Adam e la funzione di perdita MSE.

Risultati modelli

Gli esperimenti sono stati condotti con divisione set in train set 60% mentre test set e validation set a 20% ciascuno. Addestramento a 50 epoche su quasi 200 mila campioni hanno dato i risultati riportati in tabella:

Modello	Temperatura		Umidità	
	Loss	MAE	Loss	MAE
CNN	0.000415	0.0125	0.0121	0.0325
LSTM	0.0040	0.0601	0.0434	0.1701
MLP	0.0250	0.0323	0.0219	0.1059
MLP_2	0.0142	0.0783	0.0161	0.0625

Tabella 1: Prestazioni dei modelli su temperatura e umidità

Risultati robustezza rete (1/3)

```
21:02:13.116 -> Ricevuto da: Nodo Temperatura  
21:02:13.116 -> Temperatura: 31.60  
21:02:13.116 -> Umidità: -1.00  
21:02:13.116 -> Timestamp: 16202  
21:02:13.116 ->  
21:02:13.116 -> tempBuffer  
21:02:13.116 -> 31.6000  
21:02:13.116 -> 0.0000  
21:02:13.116 -> 0.0000  
21:02:13.116 -> 0.0000
```

```
21:02:13.639 -> Ricevuto da: Nodo Umidità  
21:02:13.639 -> Temperatura: -1.00  
21:02:13.639 -> Umidità: 39.00  
21:02:13.639 -> Timestamp: 16224  
21:02:13.639 ->  
21:02:13.639 -> humBuffer  
21:02:13.639 -> 39.0000  
21:02:13.639 -> 0.0000  
21:02:13.639 -> 0.0000  
21:02:13.639 -> 0.0000
```

Figura 1: Ricezione Temperatura

Figura 2: Ricezione Umidità

Risultati robustezza rete (2/3)

```
22:05:18.930 -> Connesso al WiFi con IP: 192.168.1.206
22:05:18.930 -> WiFi Channel: 11
22:05:18.930 -> Modelli TensorFlow Lite inizializzati correttamente!
22:05:49.124 -> Ricevuto da: FC:B4:67:F1:52:C8
22:05:49.124 -> Ricevuto vettore di 8 float → flagML = true
22:05:49.124 -> Temp: 30.70 30.70 30.70 30.70
22:05:49.124 -> Hum: 40.00 40.00 40.00 40.00
22:05:52.292 -> Temp buffer: 30.70 30.70 30.70 30.68
22:05:52.292 -> Hum buffer: 40.00 40.00 40.00 39.99
22:05:52.292 -> Messaggio inviato!
22:05:52.324 -> Send Status: Success
```

Figura 3: Ricezione messaggio avvio di Edge

```
22:07:02.296 -> Temp buffer: 30.54 30.53 30.52 30.51
22:07:02.328 -> Hum buffer: 39.94 39.93 39.93 39.92
22:07:02.328 -> Messaggio inviato!
22:07:02.328 -> Send Status: Success
22:07:06.117 -> Ricevuto da: FC:B4:67:F1:52:C8
22:07:06.117 -> Ricevuto booleano → flagML = false
```

Figura 4: Ricezione messaggio stop di Edge

Risultati robustezza rete (3/3)



Figura 5: Dati InfluxDB Temperatura

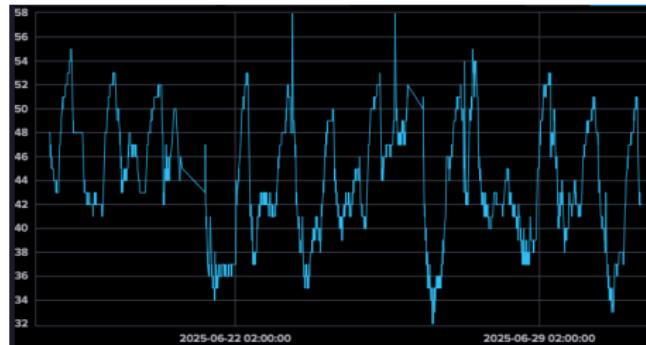


Figura 6: Dati InfluxDB Umidità