

Progettazione e Valutazione sperimentale di reti di monitoraggio indoor basate su tecnologia Bluetooth Mesh

Sessione Straordinaria
Anno Accademico 2018 - 2019

Relatore: Prof. Marco Di Felice
Correlatore: Dott. Angelo Trotta

Emilio Biello
Matr. 843567





● Indice

- Obiettivi del lavoro di Tesi
- Internet of Things
- Bluetooth Mesh
- Algoritmo di selezione della tecnologia in ambienti dual-stack
- Valutazione rete mesh
- Conclusioni e Sviluppi Futuri

● Obiettivi della Tesi

- Progettazione di reti di monitoraggio indoor usando due soluzioni M2M:
 - la tecnologia Bluetooth Mesh
 - valutando soluzioni dual-stack: Bluetooth Mesh e Wi-Fi Mesh
- Implementazione su dispositivi IoT e valutazione sperimentale delle prestazioni della rete mesh utilizzando le seguenti metriche:
 - Latency
 - Packet Delivery Ratio
 - Goodput



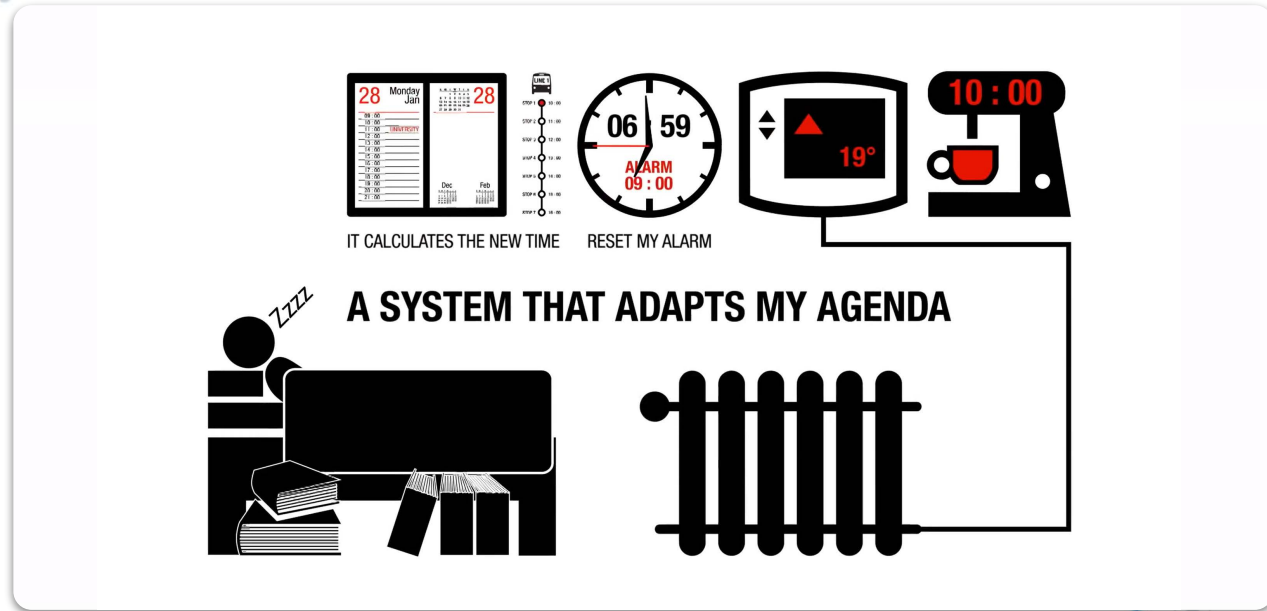
Internet of Things



Per fine 2020 sono stimati **31 miliardi** di dispositivi connessi.

Le previsioni per il 2025 indicano il raggiungimento di ben **oltre 75 miliardi** di dispositivi connessi con un impatto sull'economia dell'ordine di **1.6 trilioni** di dollari U.S.A.

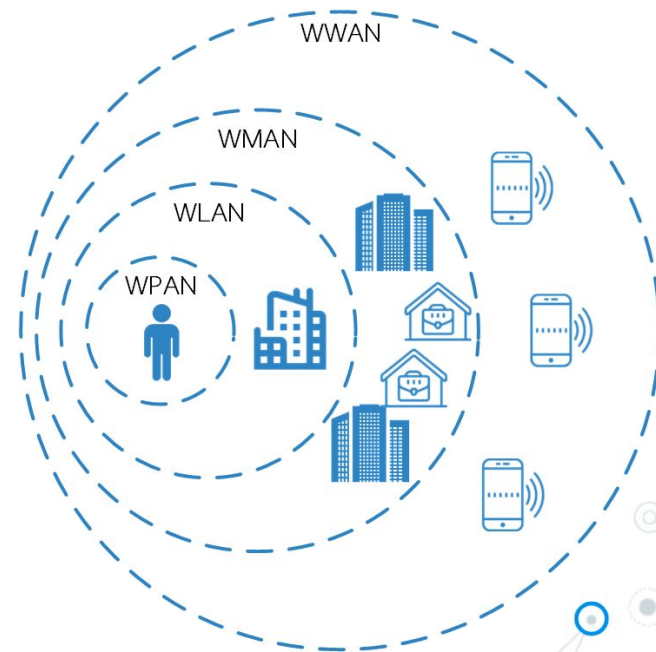
<https://www.statista.com/statistics/976313/global-iot-market-size/>



<https://www.internet4things.it/iot-library/internet-of-things-gli-ambiti-applicativi-in-italia/>

● Wireless Personal Area Network

- Comunicazione wireless a corto raggio
- Basso consumo energetico
- Basso costo
- Comunicazione dei dispositivi all'interno di uno spazio personale

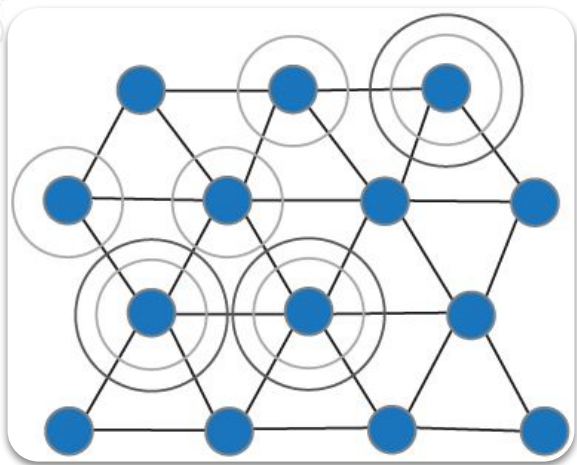


Standardizzata dall'IEEE nell'ambito del gruppo di lavoro 802.15

● Bluetooth Mesh

Protocollo rilasciato da Bluetooth SIG nel Luglio del 2017

Comunicazione *many-to-many* tramite la tecnologia Bluetooth

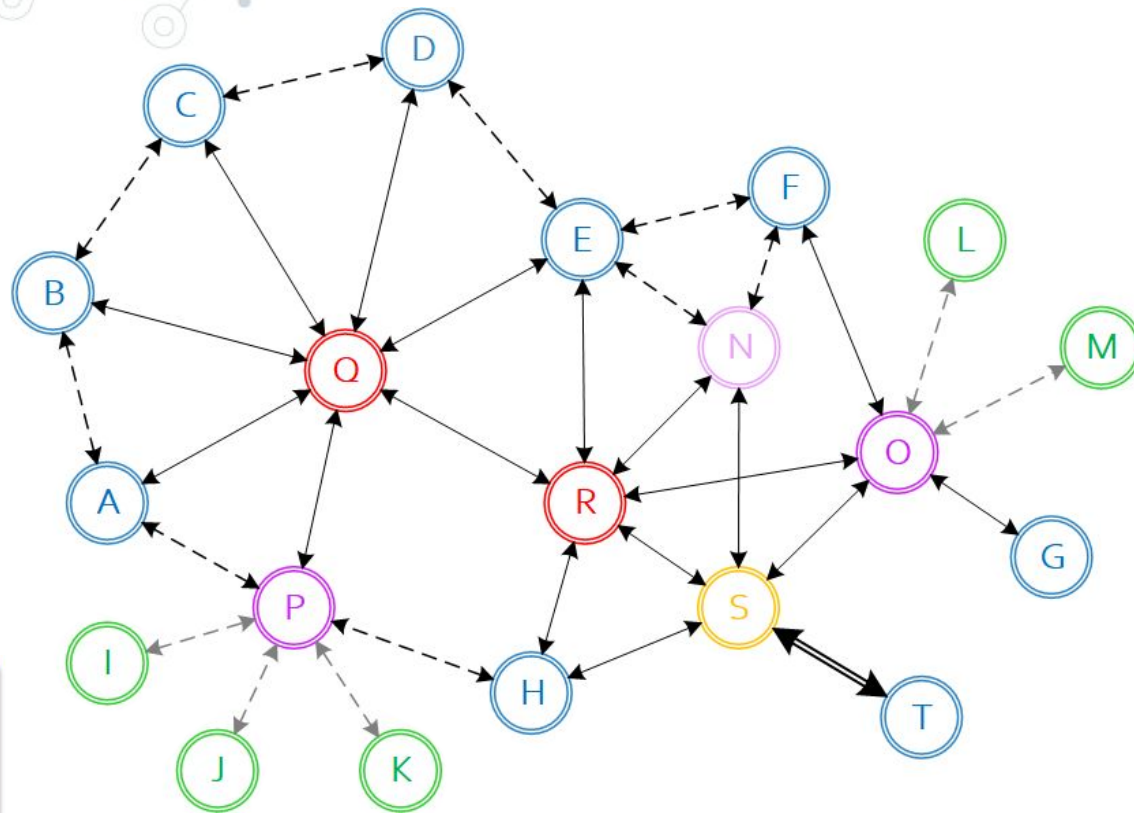


- Processo di **provisioning** per integrare un nodo nella rete mesh
- Range di comunicazione **esteso**
- Comunicazione regolata attraverso un meccanismo di **Managed Flooding**

Eseguito al di sopra dello stack protocollare **Bluetooth Low Energy**

Opera attraverso gli stati **Advertising** e **Scanning** per l'invio e la ricezione di messaggi

Bluetooth Mesh



Feature

- Node
- Relay node
- Proxy node
- Low Power node
- Friend node

Communication

- ADV (Not Relayed)
- ADV (Low Power)
- ADV Bearer
- GATT Bearer

● Decisioni Progettuali



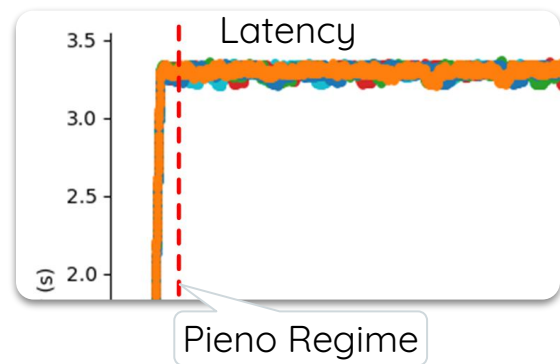
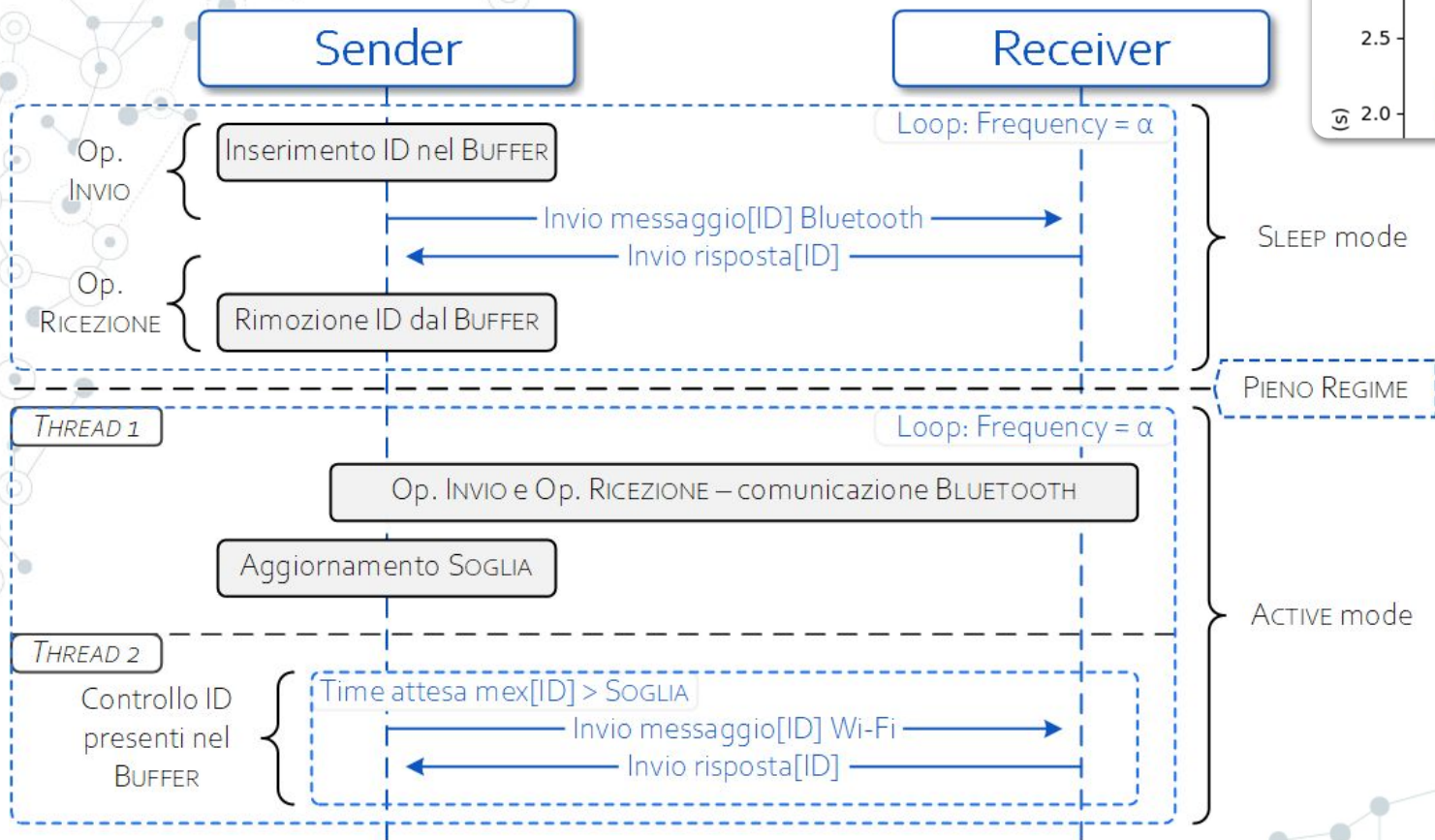
Elevata perdita di pacchetti all'aumentare della size della rete mesh



Soluzione ibrida con sistema di Recovery. Valutando soluzioni dual-stack



● Algoritmo per comunicazione dual-stack



● Algoritmo per comunicazione dual-stack

$$delay_estimation = threshold_{t_0} + \alpha \times (R - threshold_{t_0})$$

$$threshold_{t_1} = \beta \times delay_estimation$$

α Learning rate $\rightarrow 0.2$

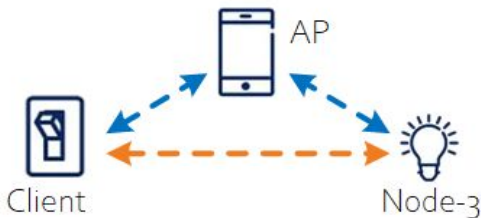
R Valore corrente della rete

β Costante aggiornamento valore soglia $\rightarrow 1.1$

Scenario

←---→ Comunicazione Wi-Fi
←---→ Comunicazione BLE

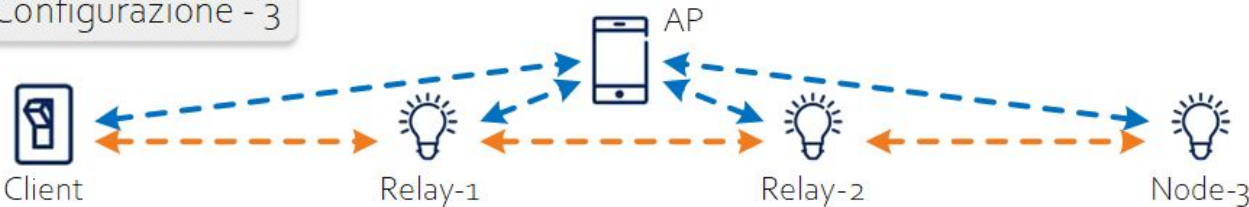
Configurazione - 1



Configurazione - 2



Configurazione - 3



Distanza tra ogni nodo $\rightarrow \approx 8$ m

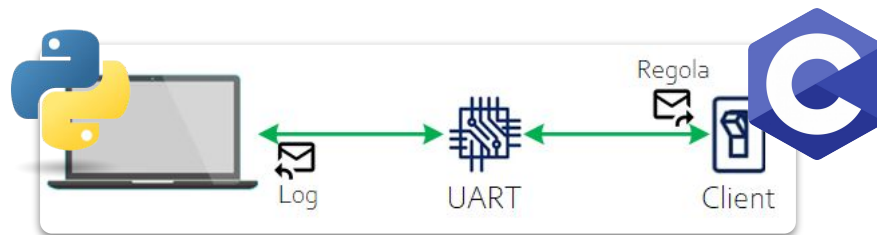
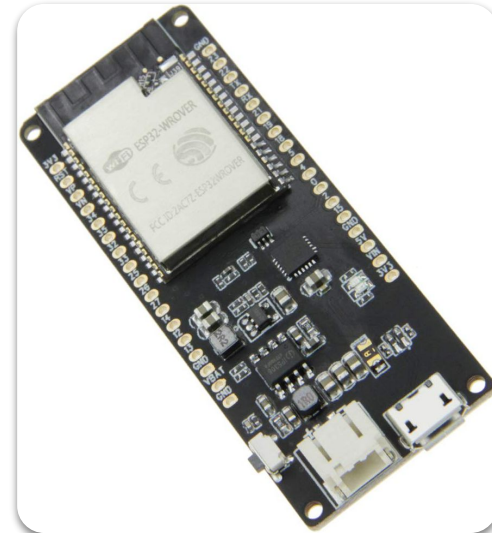
● Implementazione

Dispositivi ESP32-WROVER

Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF)

- ESP-IDF v4.0-beta2

nRF Mesh



- Test & Frequenza d'invio
- Numero di Relay: [0, 1, 2]

● Testbed

- Tecnologia Bluetooth Mesh
- Tecnologia Bluetooth Mesh + Wi-Fi



Configurazioni:

- Relay → 0, 1, 2
- Frequenze → 1 Hz, 2 Hz, 4 Hz, 5 Hz, 6.67 Hz, 10 Hz e 20 Hz
[1s, 0.5s, 0.25s, 0.2s, 0.15s, 0.1s, 0.05s]



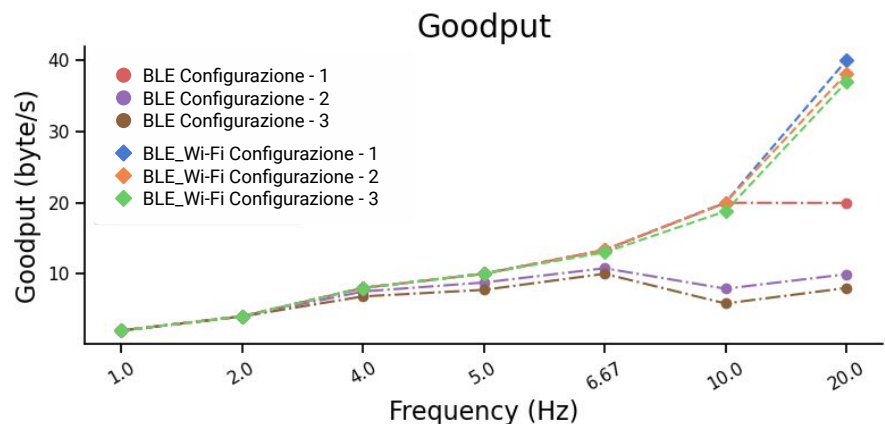
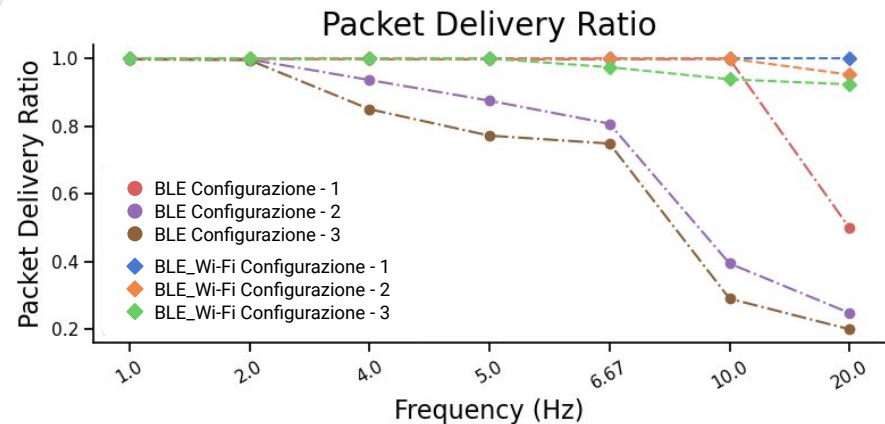
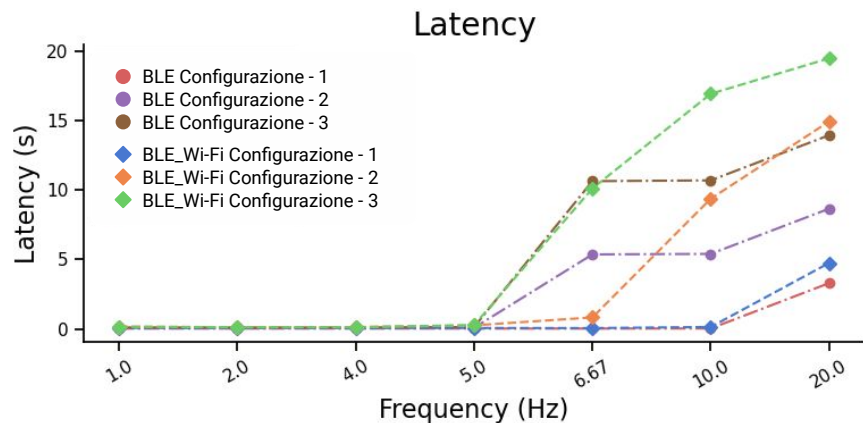
Log



Durata test: 6 minuti

5 RUN per configurazione

Valutazione

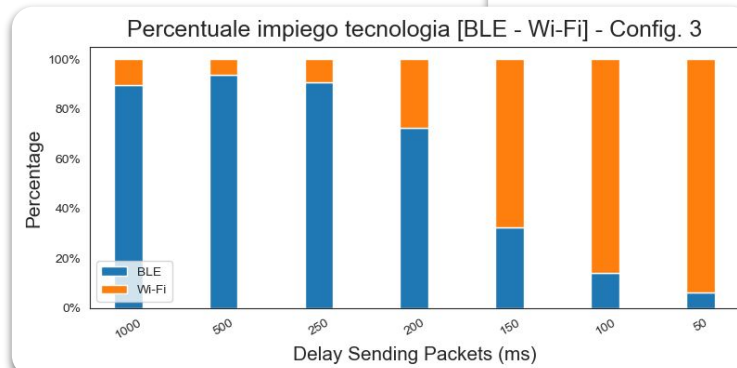
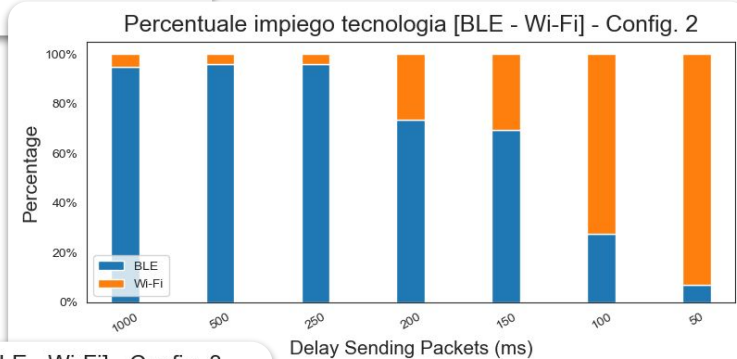
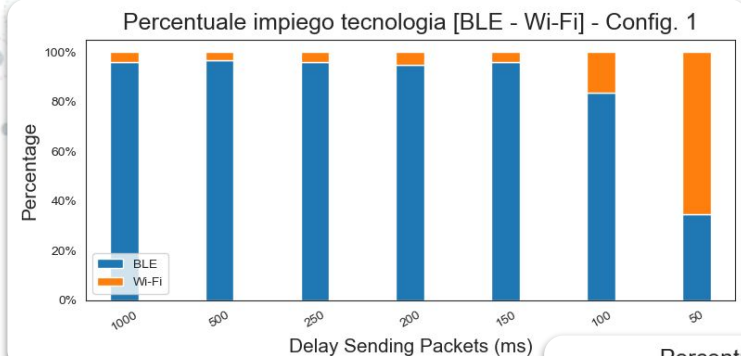


□ Intervalli di confidenza al 95%

Valutazione

```
{
  "_mex": {
    "1": [
      {
        "mex_id": 1,
        "time": "2020-02-01 09:12:00.950341",
        "ttl": "3",
        "type_mex": "S"
      },
      {
        "mex_id": 1,
        "time": "2020-02-01 09:12:01.030283",
        "ttl": "3",
        "type_mex": "R"
      }
    ],
    "2": [ ],
    "3": [ ], ..., "4460": [ ],
    "4461": [ ],
    "4462": [
      {
        "mex_id": 4462,
        "time": "2020-02-01 09:15:44.004284",
        "ttl": "3",
        "type_mex": "S"
      },
      {
        "mex_id": 4462,
        "time": "2020-02-01 09:15:55.256690",
        "ttl": "3",
        "type_mex": "I"
      },
      {
        "mex_id": 4462,
        "time": "2020-02-01 09:15:55.272517",
        "ttl": "3",
        "type_mex": "O"
      }
    ]
  }
}
```

Log File



S/R → invio/ricezione tramite tecnologia Bluetooth

I/O → invio/ricezione tramite tecnologia Wi-Fi

● Conclusione

- Due stack protocollari usati contemporaneamente sul medesimo nodo
- Prestazioni della rete migliorate in termini di PDR e di Goodput



● Sviluppi Futuri

- Consentire al nodo di inviare un messaggio utilizzando la tecnologia che garantisce “maggiore” affidabilità nella comunicazione in rispetto di appositi parametri (consumi energetici)
- Ampliare la rete al fine di valutare anche la relazione “Friendship”
- Accostare altri standard alla tecnologia Bluetooth Mesh



Grazie per l'attenzione!



*The secret of change is to focus all of your energy,
not on fighting the old, but on building the new.*

-Socrates-