Università di Pisa

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria dell'Automazione

Integrazione di reti eterogenee RFID e di sensori wireless IEEE 802.15.4 per applicazioni di sicurezza in ambienti industriali automatizzati

Relatori:

- Prof. Giuseppe Lipari
- Dr. Paolo Pagano
- Dr. Matteo Petracca

Candidato:

- Cosimo Salvatore

Tesi svolta presso Real Time Systems Lab, Scuola Superiore S'Anna

Istituto di Tecnologie della Comunicazione, dell'Informazione e della Percezione

Scuola Superiore Sant'Anna

Anno Accademico 2010-2011

Data: 02/03/2012

Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

UNIVERSITÀ DI PISA

Corso di Laurea Specialistica in
Ingegneria dell'Automazione

Smart factories e sicurezza industriale

Una "Smart Factory" è una fabbrica che sfrutta le nuove tecnologie nell'ambito del pervasive computing al fine di automatizzare il processo produttivo e in generale ottimizzare la gestione dell'ambiente industriale.

Nel presente lavoro di tesi è stato implementato un sistema intelligente basato sull'integrazione tra WSN e RFID per la gestione delle aree industriali a rischio con l'obiettivo di aumentare il livello di sicurezza per i lavoratori attraverso:

- Il controllo degli accessi in aree pericolose;
- Il controllo automatizzato dei dispositivi di protezione individuale.

ISTITUTO DI TECNOLOGIE DELLA COMUNICAZIONE, DELL'INFORMAZIONE E DELLA PERCEZIONE

Scuola Superiore Sant'Anna

Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

WSN

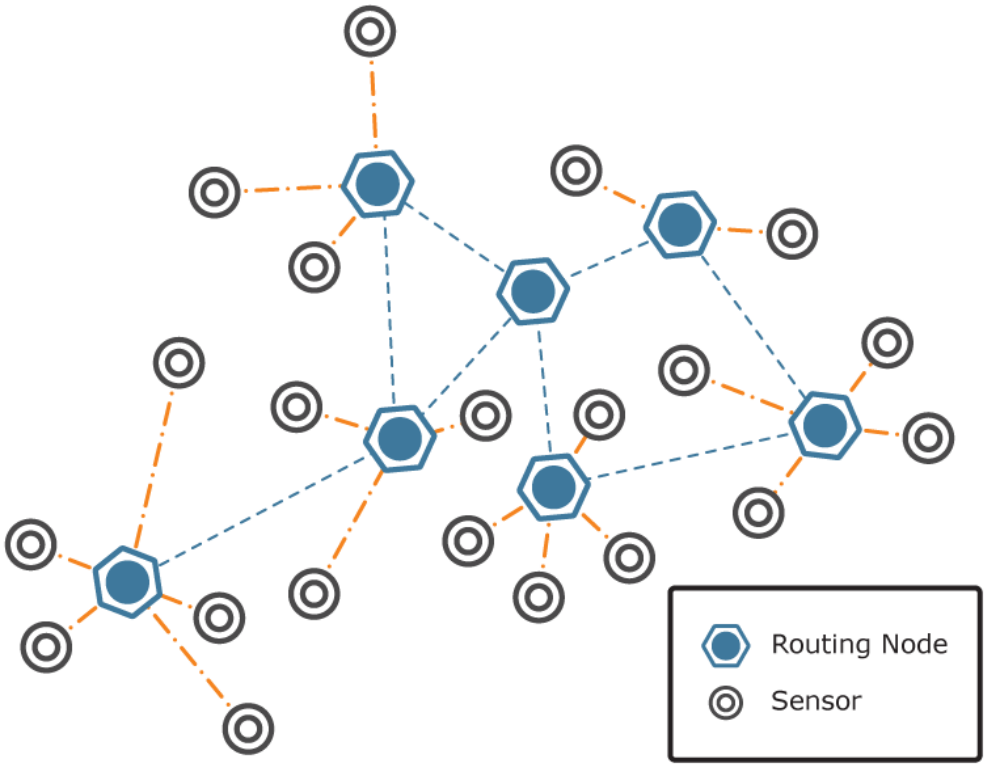
Con il termine "Wireless Sensor Network" (o WSN) si indica rete distribuita realizzata da un insieme di dispositivi elettronici autonomi in grado di prelevare dati dall'ambiente e di comunicare tra loro.

Requisiti tipici:

- Scalabilità e densità;
- Ridotti consumi energetici;
- Tolleranza ai guasti.

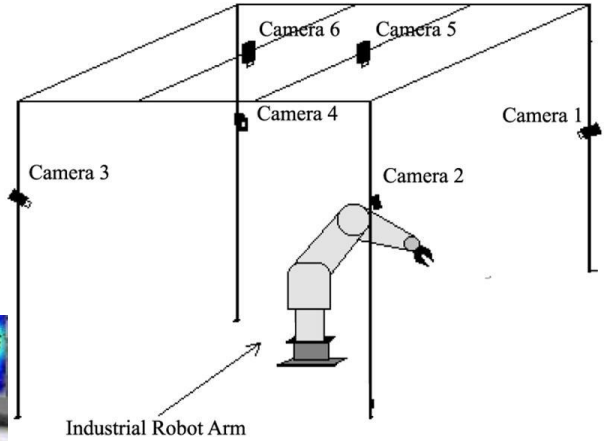
Standard di riferimento :

- IEEE 802.15.4;
- 6LoWPAN.



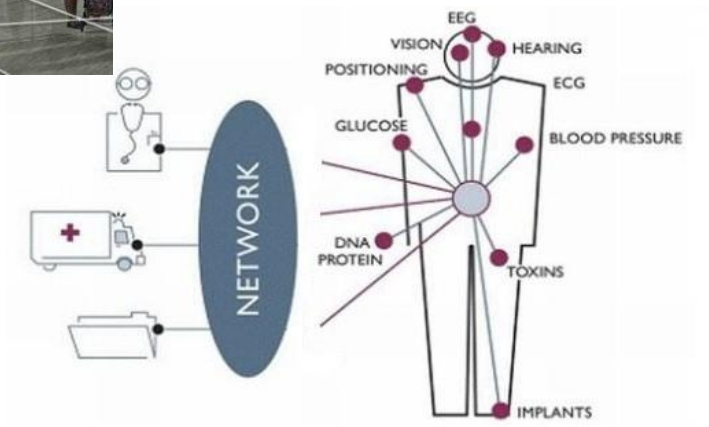
WSNs in ambienti industriali

L'utilizzo delle WSNs in impianti industriali permette l'implementazione di diverse applicazioni di sicurezza come:



- Sorveglianza e controllo dei parametri ambientali;

- Localizzazione dei lavoratori;

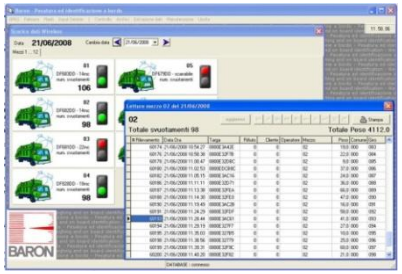


- Controllo dei parametri vitali degli operai.

Radio Frequency IDentification

RFID (Radio Frequency IDentification) indica l'identificazione (e lo scambio di dati) attraverso un collegamento a radio frequenza, un sitema RFID è composto da:

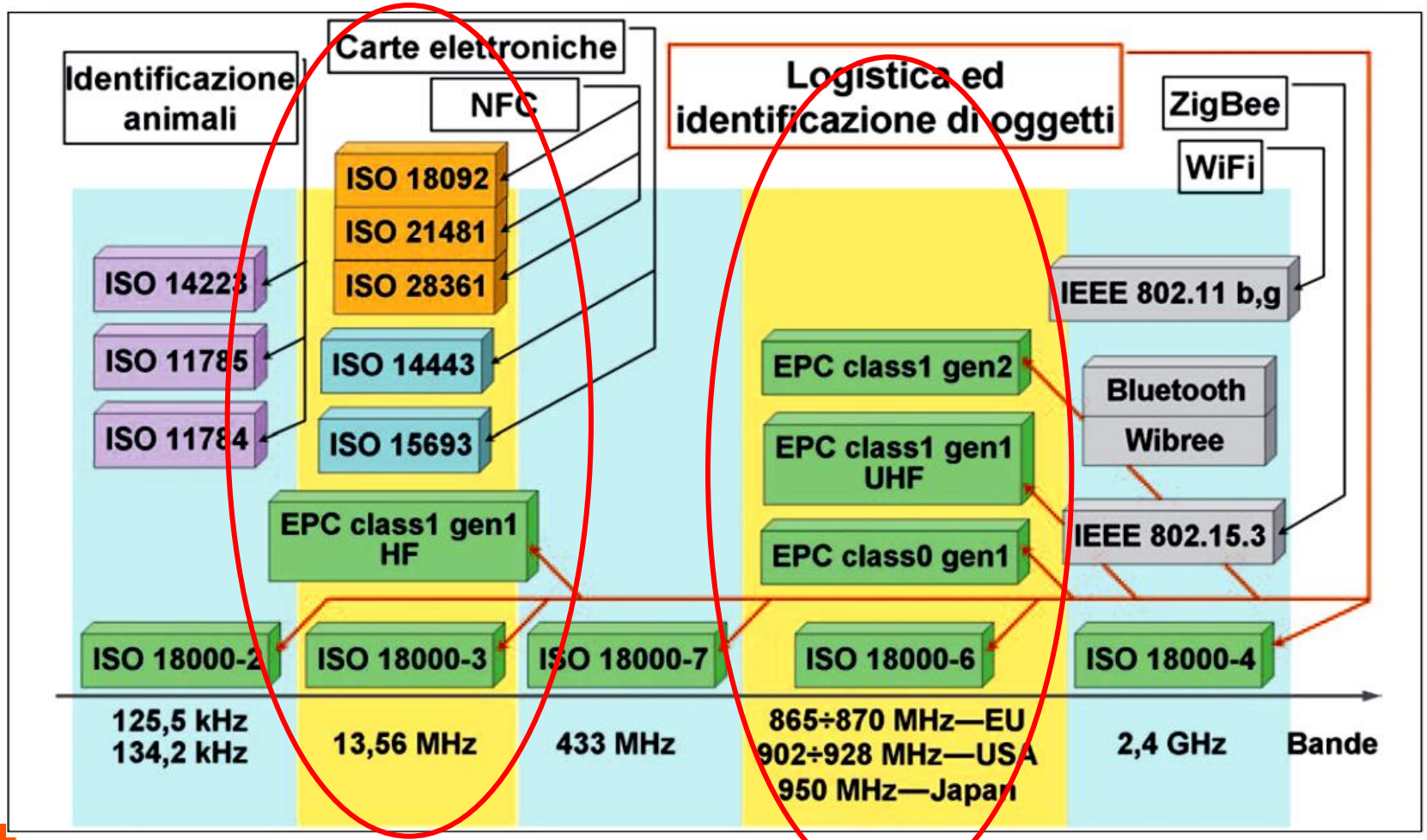
- Sistema di gestione dei dati



- Lettore (Reader)

- Tag che possono essere:
  - Attivi
  - Semi-passivi
  - Passivi

RFID: frequenze, standard e applicazioni



RFID HF

RFID UHF

Integrazione WSN-RFID

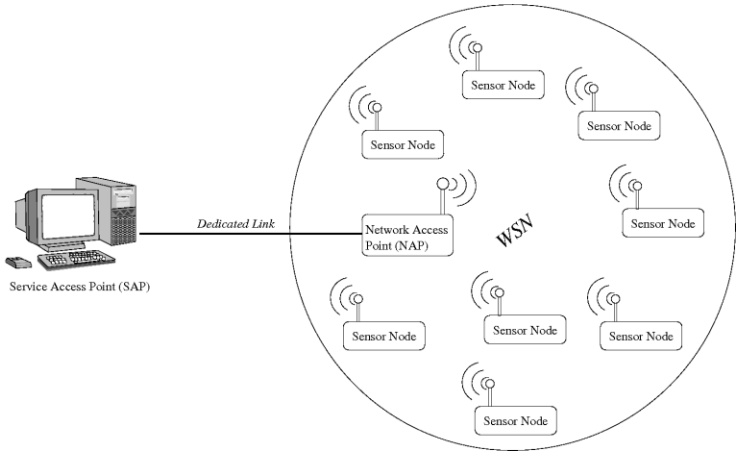
Le tecnologie RFID e WSN possono essere integrate per aumentare l'efficienza e le performance di entrambe.

I sistemi integrati RFID-WSN permettono di:

- Aumentare le funzionalità del sistema;
- Incrementare la scalabilità e la portabilità;
- Ridurre il costo dei dispositivi;
- Ridurre il consumo energetico.

Possibili problemi sono rappresentati da:

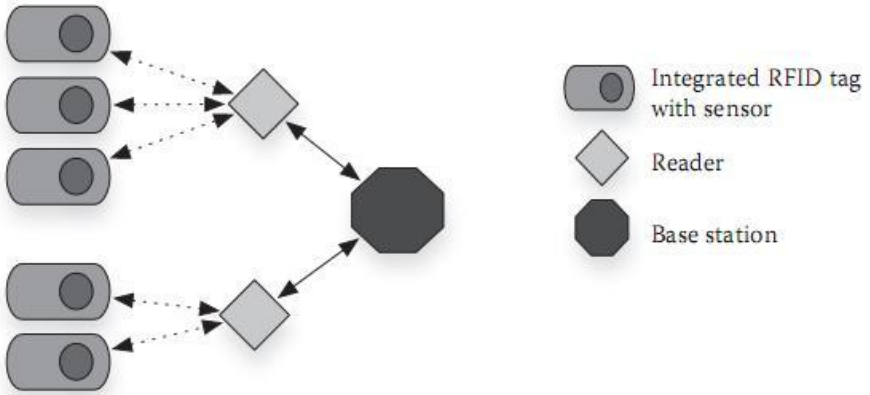
- Interferenze tra i segnali;
- Gestione dei dati per numeri elevati di nodi e di tag.



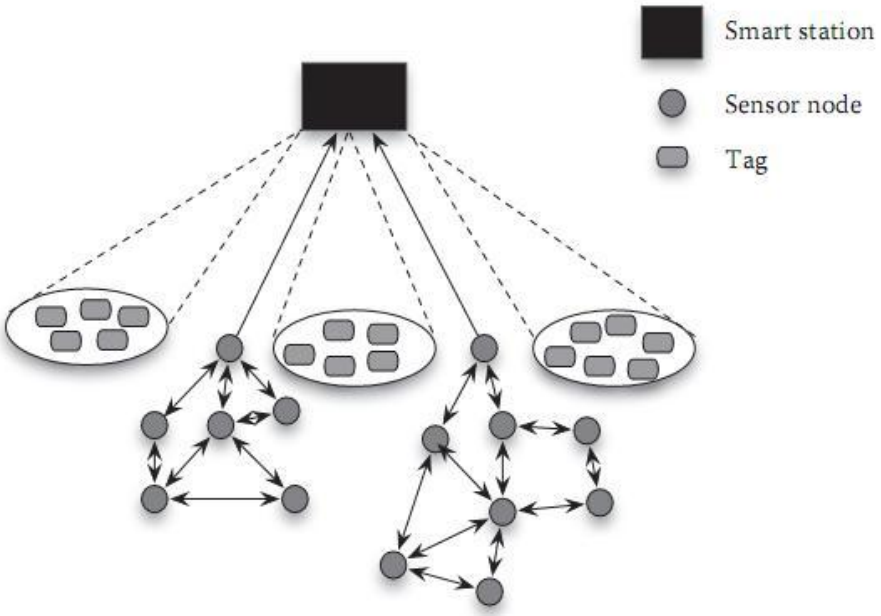
Integrazione WSN-RFID

Sono possibili diverse tipologie di integrazione sia a livello hardware che software, alcune delle quali sono:

•Tag RFID con sensori integrati

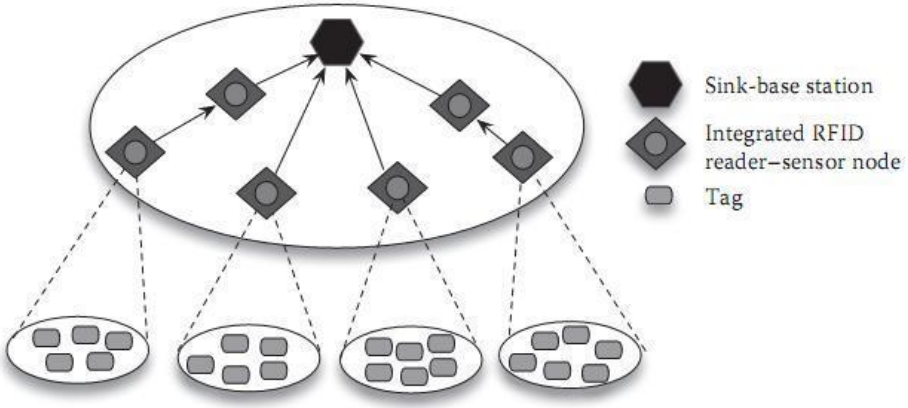


• Sistemi ibridi (integrazione software)

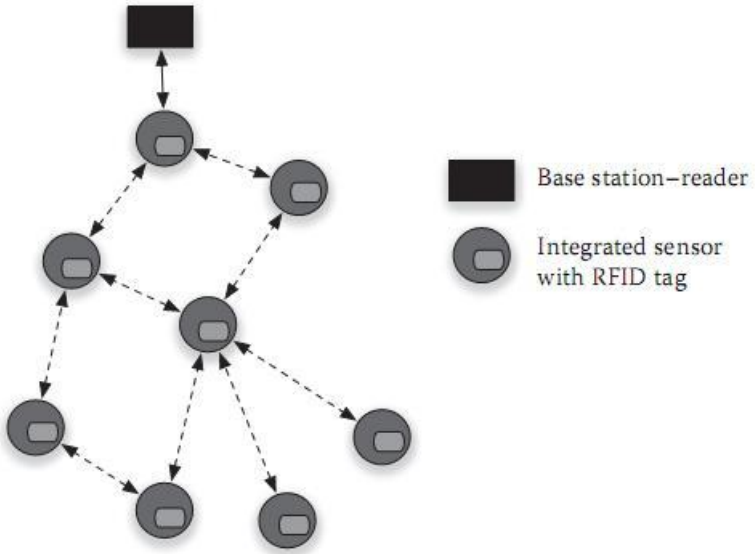


Integrazione WSN-RFID

- Nodi WSN con reader RFID integrati



- Nodi WSN con tag RFID integrati



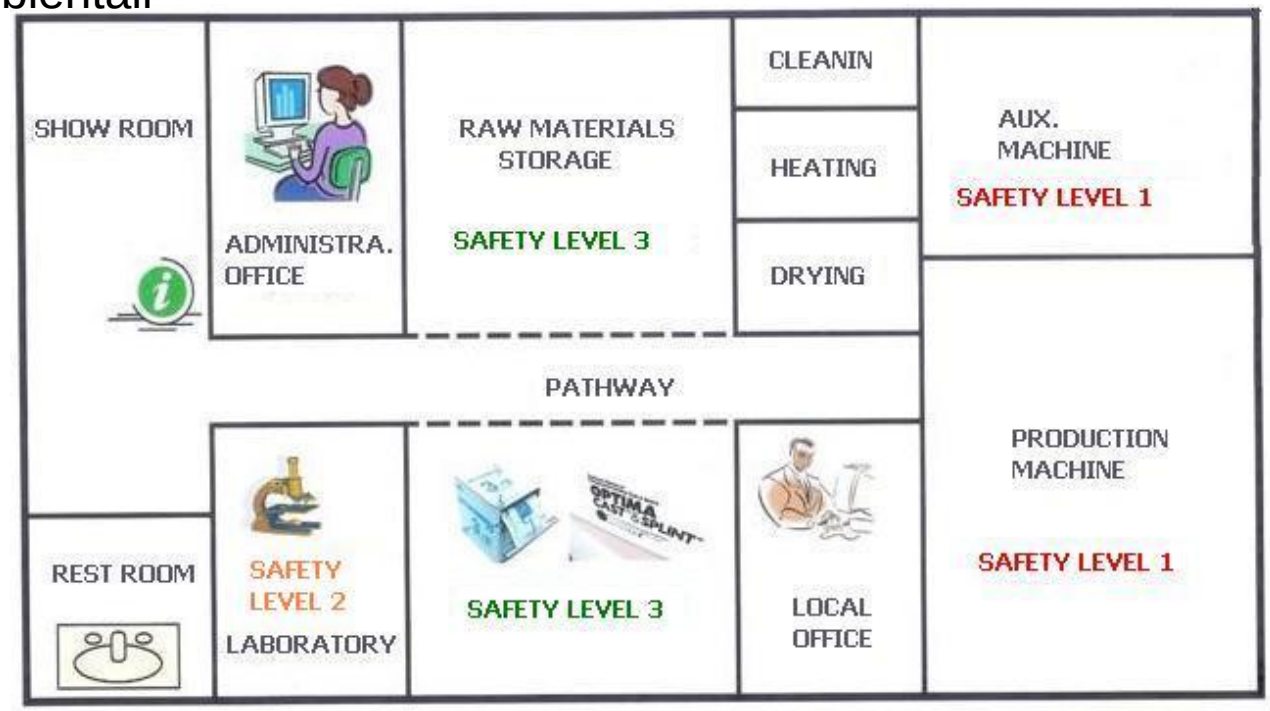
Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

Scenario di riferimento

Per il design del sistema si assume che:

- siano fissati diversi livelli di sicurezza tra le varie aree dello stabilimento;
- esistano sistemi WSN di localizzazione, attuazione e monitoraggio dei parametri vitali e ambientali



L'obiettivo del sistema proposto è quello di:

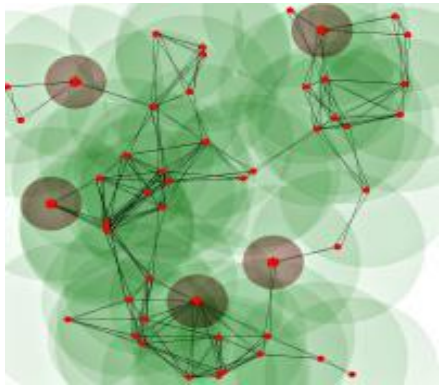
- assicurare il necessario livello di sicurezza per i lavoratori nelle varie aree;
- aumentare l'efficienza dei sistemi WSN esistenti.

Obiettivi del sistema

- L'accesso alle aree a rischio deve essere garantito se l'operaio è in possesso dei dispositivi di protezione previsti dal livello di sicurezza dell'area;

- Quando l'operaio entra nell'area il suo device si attiva e inizia a monitorare I suoi parametri vitali e a comunicare con la rete;

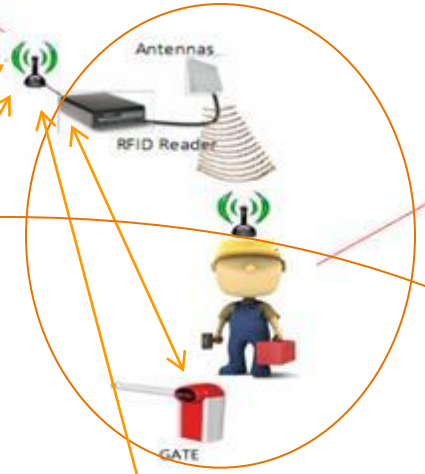
- La rete inizia a monitorare i parametri ambientali e a comunicare con il device dell'operaio per eseguire il servizio di localizzazione e ricevere eventuali allarmi.



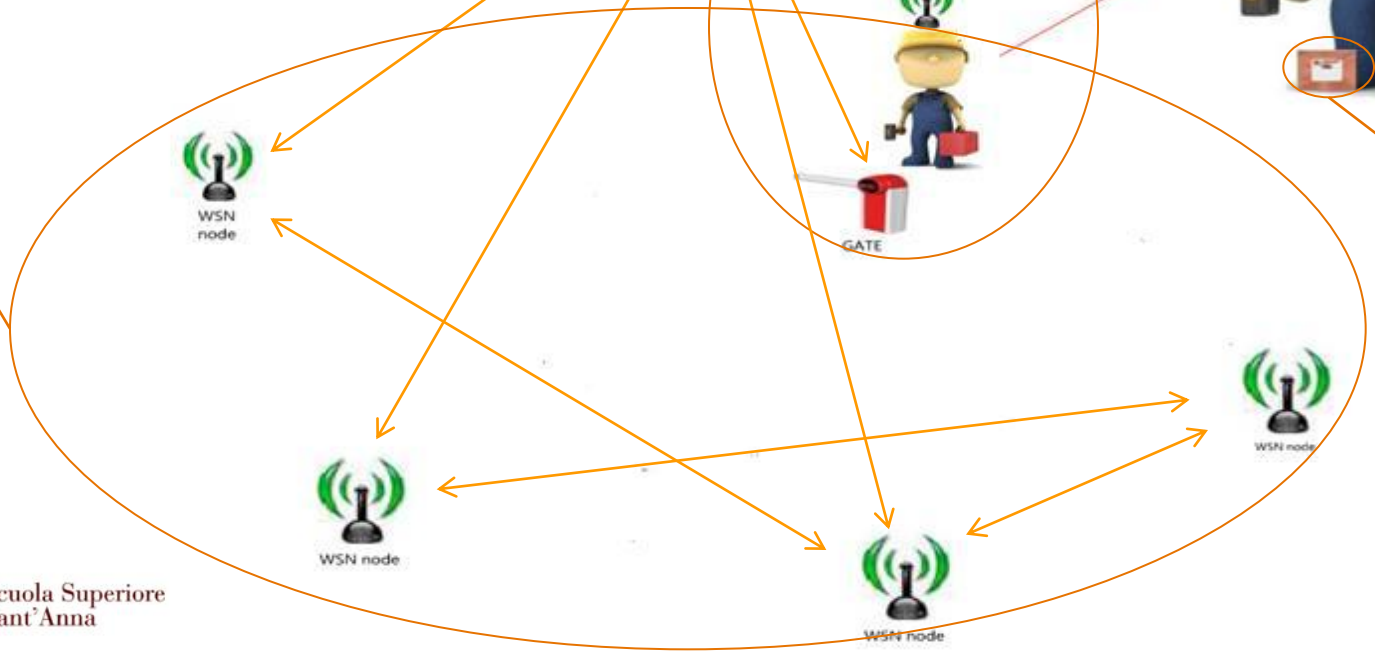
Architettura del sistema

Nodo WSN integrato con reader RFID UHF

Nodo WSN integrato con tag RFID UHF



Wireless Sensor Network



Tag RFID passivi

Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

Componenti del "nodo reader"

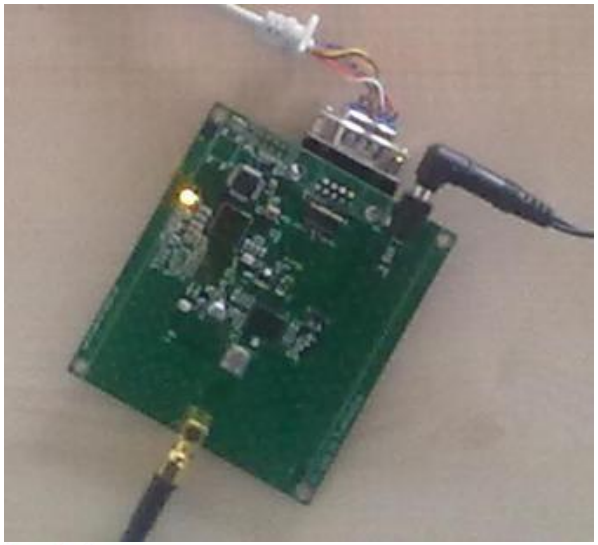
Board Seed-eye:

Hardware:

- CPU Microchip PIC32, 80 MHz;
- IEEE 802.15.4 transceiver;

Software:

- ERIKA Enterprise RTOS;
- uWireless IEEE 802.15.4 stack.

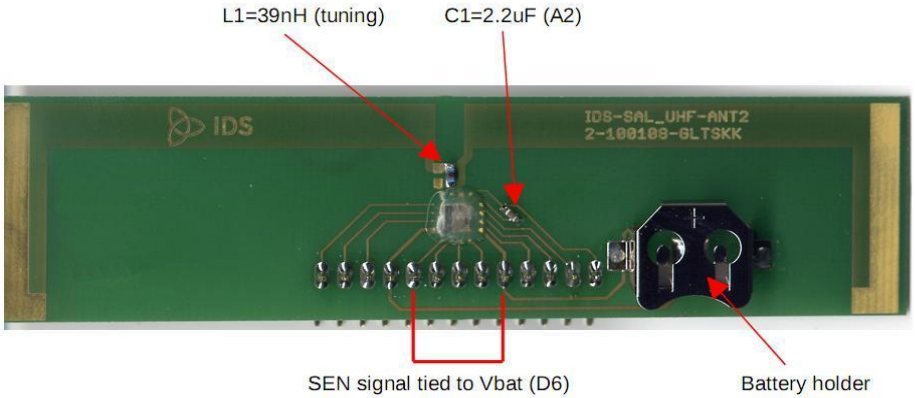


Reader RFID UHF:

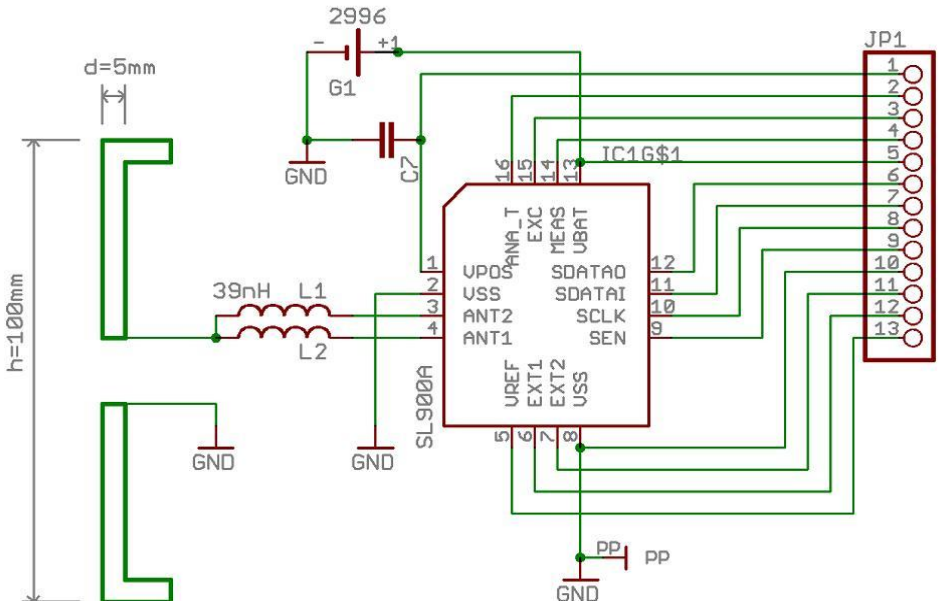
- RF Power: 500 mW (27dBm) ;
- Distanza di lettura: fino a 5 m (dipende dell'antenna);
- Standard supportati:
  - ISO 18000 – 6 A/B/C;
  - EPC Class 1 Gen 2;
  - Philips UCODE;
- Antenna esterna alimentata dal reader;
- Frequenza settabile (Europa 865.7 ÷ 867.5 MHz).

Componenti del "nodo tag"

La board Seed-eye è stata integrata con il tag basato su chip IDS sl900a che ha le seguenti caratteristiche:



- Serial peripheral interface (slave) ;
- Data logging da:
  - Sensore di temperatura on-chip;
  - 2 sensori esterni;
- Conforme EPC Class 1 and Class 3 ;
- Compatibile EPC Gen 2;
- Interrupt da sensori esterni;
- On-chip 9k bit EEPROM;

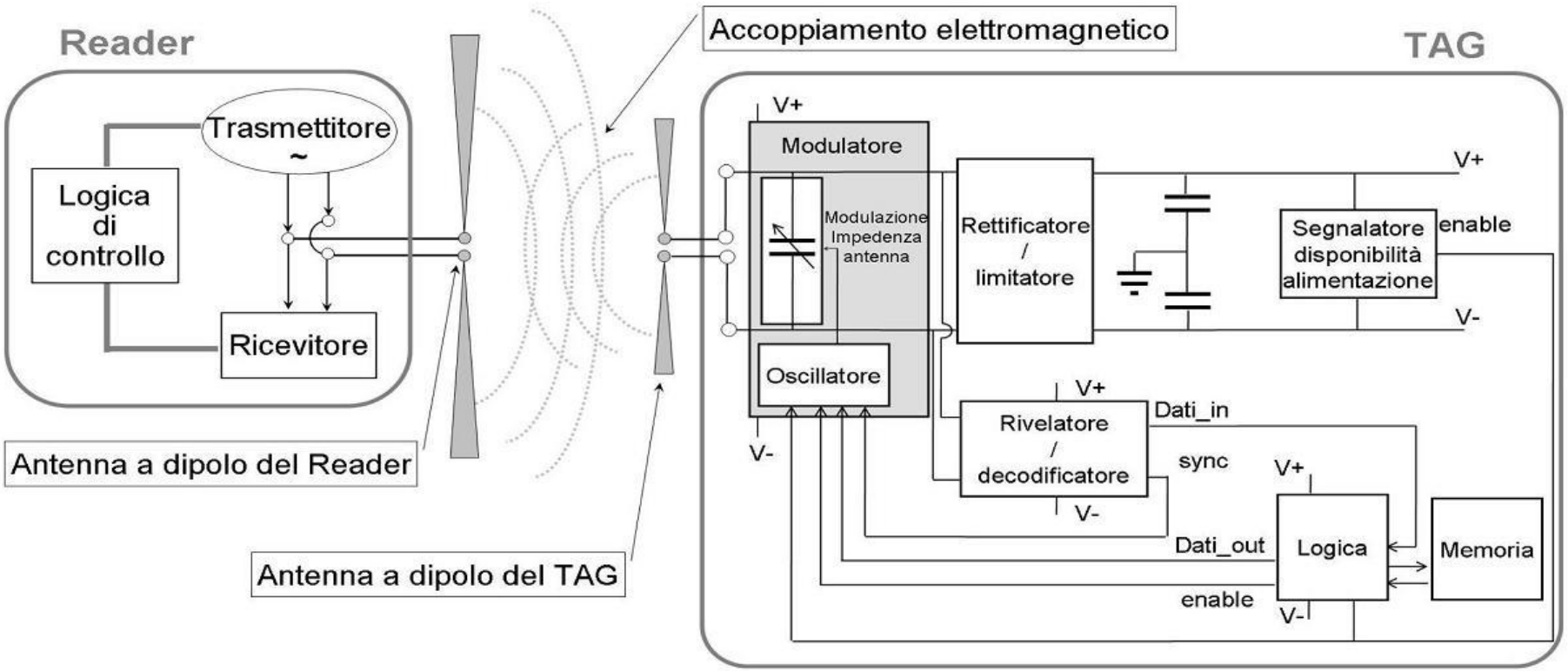


Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

Funzionamento del tag RFID UHF passivo

Il funzionamento del tag UHF passivo si basa sul principio dell'effetto backscatter



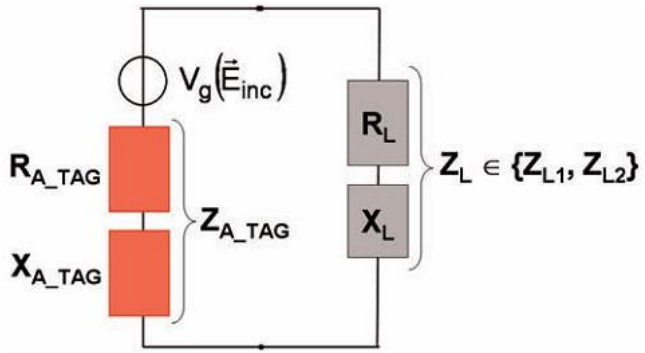
Funzionamento del tag RFID UHF passivo

Calcolo della potenza ricevuta dal tag:

$$P_{TAG_IN} = G_{TAG}\,\tau\,\rho_T\,\frac{\lambda_{RF}^2}{8\pi\eta}\left|\vec{E}_{INC}\right|^2 = P_{EIRP}\,G_{TAG}\left(\frac{\lambda_{RF}}{4\pi d}\right)^2\tau\,\rho_T$$

Dove:

$$\rho_T = \frac{4R_{A_TAG}R_L}{\left|Z_{A_TAG} + Z_L\right|^2} \in [0,1]$$



Ricavando **d** si ottiene che la massima distanza teorica di lettura ottenibile con il tag utilizzato è circa 9m

Integrazione del "nodo tag"

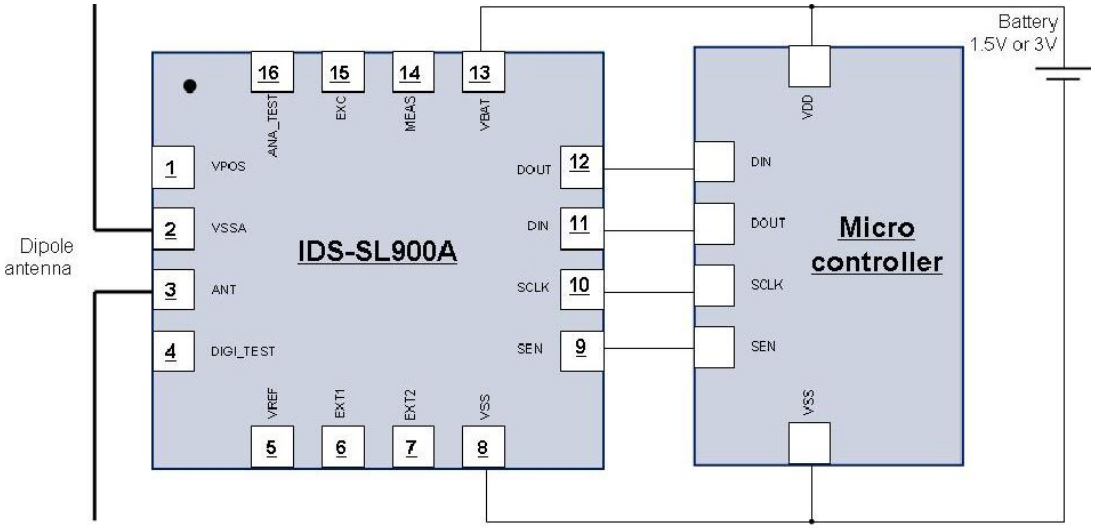
L'energia disponibile sul circuito di alimentazione del viene utilizzata per attivare un interrupt sul microcontrollore del "nodo tag"

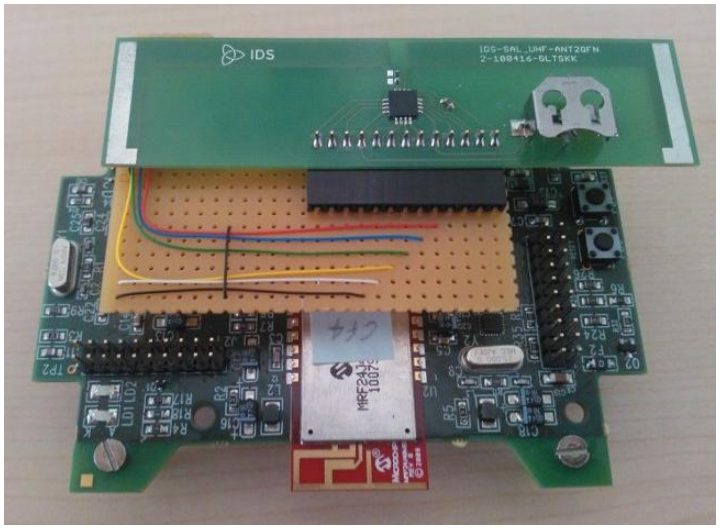
In questo modo il dispositivo è in modalità stand-by quando si trova fuori dall'area d'interesse (con notevole riduzione del consumo energetico) e viene attivato all'ingresso

La massima distanza teorica per l'attivazione dell'interrupt è circa 7m.

Integrazione del "nodo tag"

La comunicazione tra nodo e tag avviene mediante SPI secondo lo schema:



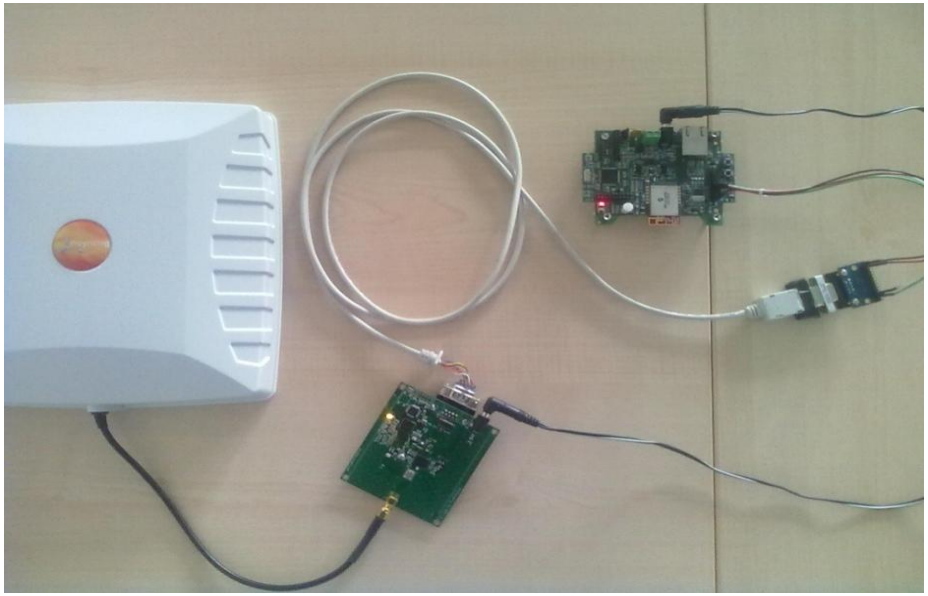


Sono stati implementati i driver per il sistema operativo real time ERIKA Enterprise che permettono di:

- Inizializzare il tag e settare la velocità di trasmissione dei dati;
- Leggere e scrivere nei registri del chip IDS sl900a;
- Acquisire i dati dal sensore di temperatura integrato e da altri sensori aggiuntivi;
- Acquisire il dato del voltaggio e il tempo di vita residuo della batteria.

Integrazione del "nodo reader"

La comunicazione tra nodo e reader avviene mediante seriale RS232.



Sono stati implementati i driver per il sistema operativo real time ERIKA Enterprise che permettono di:

- Inizializzare il reader e settare la potenza di uscita e la frequenza
- Ricercare i tag nel raggio d'azione dell'antenna
- Leggere e scrivere i campi di memoria secondo standard EPC global
- Settare password di accesso alle memorie

Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

Gestione dei dati

Nodo tag:

•**EPC memory**: contiene il codice identificativo dell'operaio;

•**User memory (parte1):** contiene l'elenco degli oggetti necessari per ogni area dello stabilimento

•**User memory (parte2):** Contiene i codici degli oggetti assegnati all'operaio

Tag oggetti:

• **EPC memory:** contiene il codice identificativo dell'oggetto secondo standard EPC global class1 gen2

Servizi implementati

La struttura dei messaggi scambiati sulla rete è la seguente:

Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3 - Byte 18	Byte 19 -...
Tipo di messaggio	Azione	Servizio	ID nodo (IPv6)	Parametri

I servizi possibili da eseguire sulla rete WSN sono i più disparati, in particolare sono stati implementati:

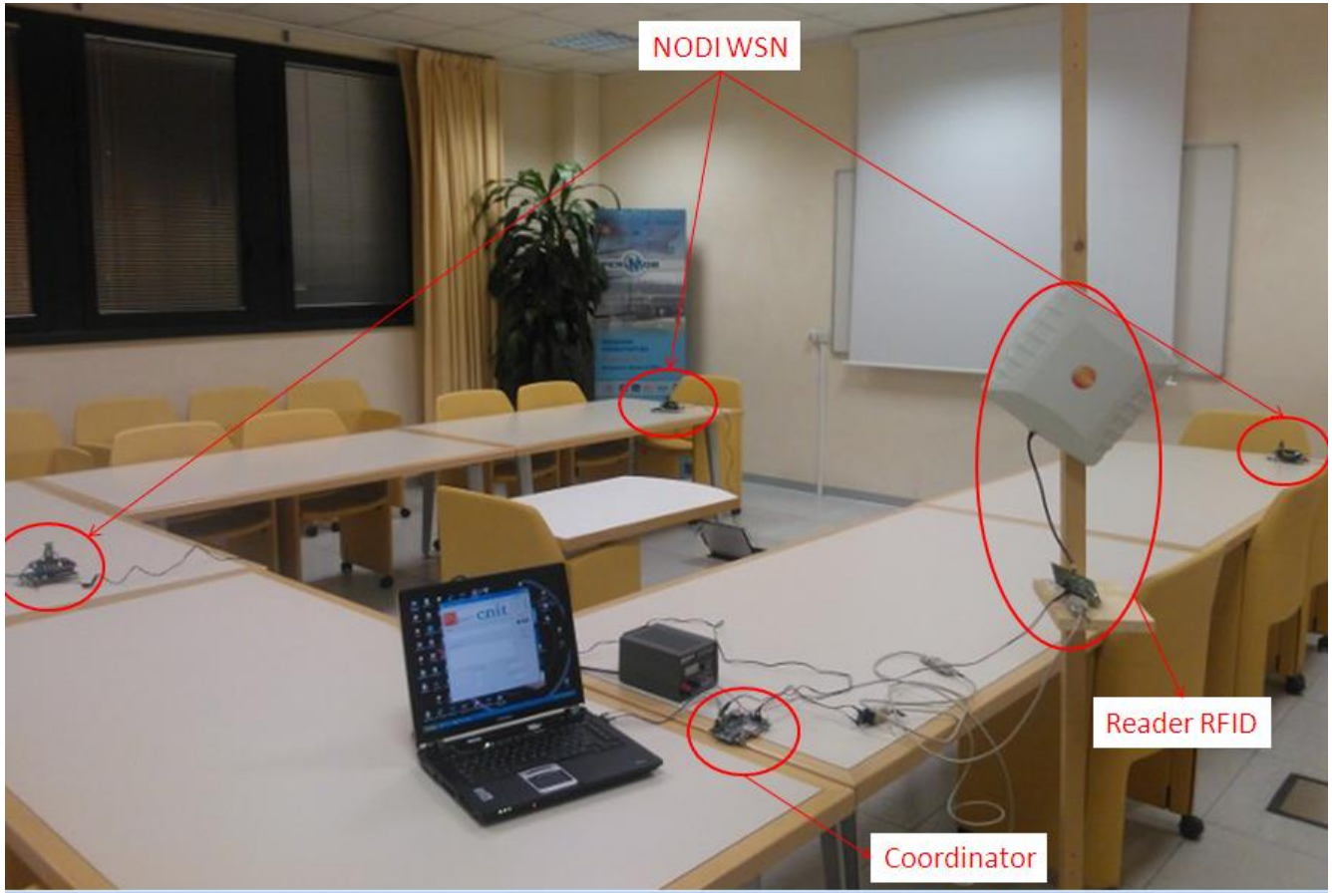
- Servizio di attuazione di specifici macchinari in funzione dell'autorizzazione;
- Ricezione e segnalazione di allarmi;
- Servizio di localizzazione degli operai mediante RSSI.

Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

Validazione del sistema

Per valutare il corretto funzionamento e le prestazioni del sistema è stato implementato uno scenario di testing



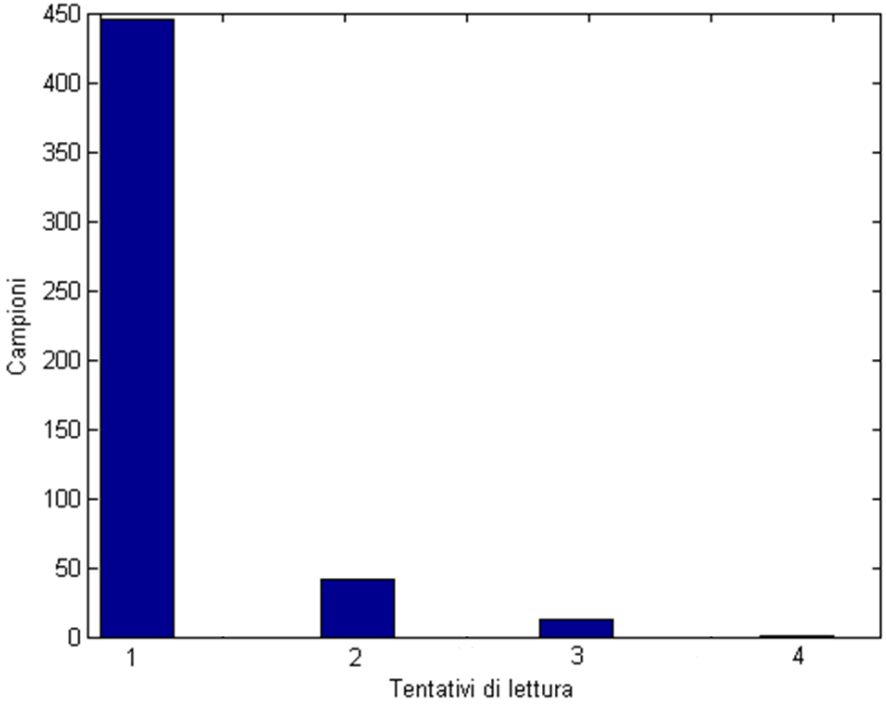
Implementazione della GUI

E' stata implementata una GUI basata su framework Qt per gestire gli accessi

Coordinate dell'operaio all'interno dell'area

Prestazioni del sistema

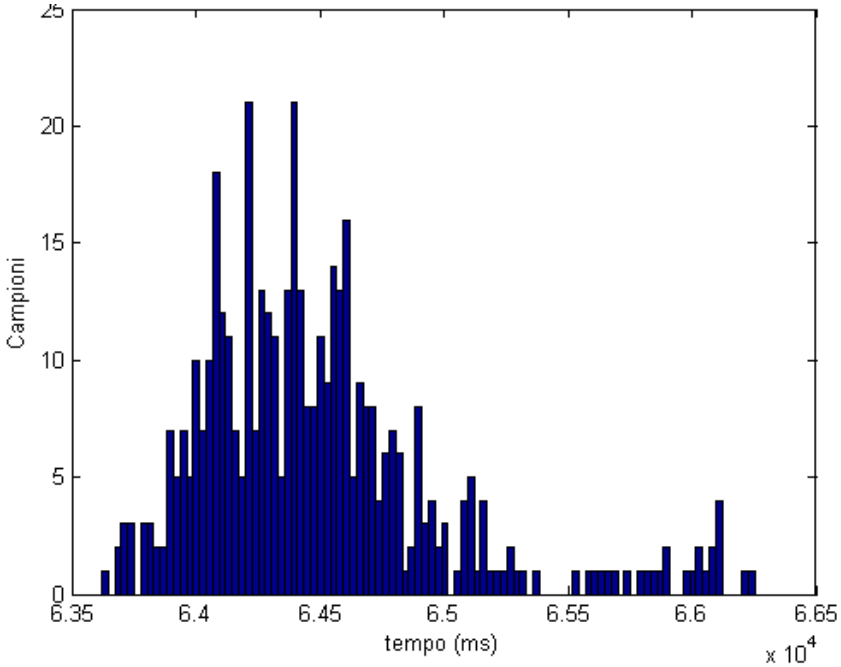
Il sistema è stato progettato in modo da evitare false autenticazioni, quindi in presenza di errori il processo viene ripetuto più volte



Gli errori sono causati da problemi di lettura dei tag dovuti al numero elevato di accessi alla memoria degli stessi e alle prestazioni RF del reader

Prestazioni del sistema

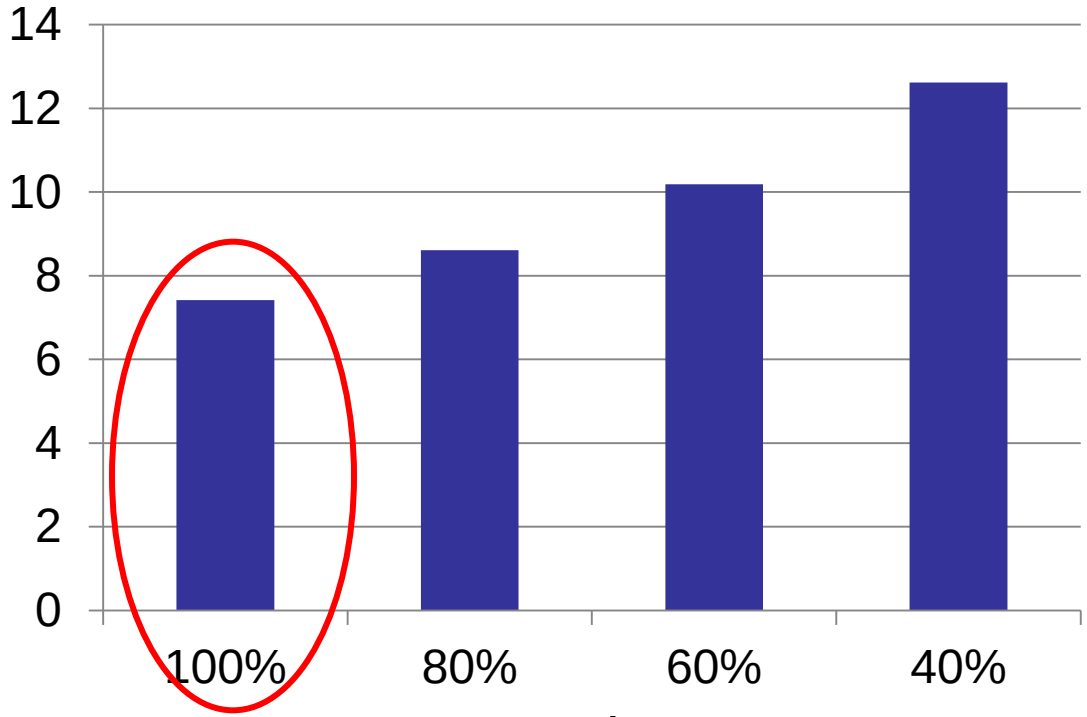
Si è analizzato il tempo necessario per l'autenticazione, prendendo come riferimento l'intervallo di tempo che va dal risveglio del nodo all'attivazione del servizio di localizzazione



Il tempo massimo rilevato è pari a 180ms, più che sufficiente per gli scopi del sistema

Prestazioni del sistema

Si è osservato che Il meccanismo di stand-by dei nodi precedentemente descritto comporta un notevole aumento della durata delle batterie



In ascisse è riportata la percentuale di attività dei nodi, in ordinate la durata delle batterie in ore

Indice

- Smart factories e sicurezza industriale
- WSN, RFID e loro integrazione
- Scenario applicativo
- Dispositivi utilizzati
- Integrazione dei dispositivi
- Implementazione del sistema
- Validazione del sistema
- Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

La validazione del sistema integrato RFID-WSN proposto ha evidenziato che:

• il sistema proposto fornisce una valida alternativa per il miglioramento dei livelli di sicurezza in ambienti industriali;

• la tecnologia integrata migliora le funzionalità e le prestazioni dei sistemi esistenti;

• le prestazioni sono tali da permetterne l'applicazione in diversi ambiti.

Sviluppi futuri:

• Implementazione di una rete ad hoc RFID tra gli oggetti;

• Integrazione degli standard EPC Global e IPv6 per l'indirizzamento degli oggetti su reti 6LoWPAN.

Università di Pisa

Corso di Laurea Specialistica in
Ingegneria dell'Automazione

thank you!

email:
salvatorecosimo@gmail.com

Istituto di Tecnologie della Comunicazione, dell'Informazione e della Percezione

Scuola Superiore Sant'Anna