ANIE AUTOMAZIONE

ANIE FEDERAZIONE

CONFINDUSTRIA

# Guida per la tecnologia Wireless

VII Edizione

ANIE Automazione

# Guida per la tecnologia Wireless

VII Edizione

I lavori di revisione della quinta edizione della Guida per la tecnologia Wireless si sono chiusi a maggio 2018. ANIE Automazione e coloro che hanno contribuito all'aggiornamento e stesura del documento non si assumono alcuna responsabilità per informazioni che dovessero risultare imprecise e incomplete o non aggiornate in relazione a sviluppi ulteriori degli aspetti tecnologici e/o modifiche alla normativa tecnica di riferimento.

# Prefazione

Le tecnologie di comunicazione wireless vengono utilizzate in molte situazioni che caratterizzano il nostro vivere quotidiano. Si pensi a Internet e agli access point che hanno permesso di eliminare i cavi, ingombranti e antiestetici, sia in ambito domestico sia in ambienti pubblici come gli aeroporti o le università dove le persone si collegano alla rete mobile senza fili. Nell'automazione di processo, di fabbrica e degli edifici, l'impiego di soluzioni wireless semplifica notevolmente la gestione degli impianti. L'acquisizione dei dati di funzionamento così implementata, risulta molto più facile e allo stesso tempo più rapida, e consente di affinare il controllo e di prendere con maggiore tempestività le decisioni di intervento, automatico o meno. Le iniziali diffidenze degli operatori legate all'affidabilità della tecnologia Wireless, sia in termini di sicurezza e prestazioni funzionali - per esempio problematiche quali: rischi d'interferenze elettromagnetiche e affidabilità delle trasmissioni, velocità di comunicazione, aree di copertura e alimentazione - sia in termini di protezione da intrusioni esterne, possono considerarsi superate grazie ai risultati della ricerca di base, condotta dai centri universitari, e quella applicata, di origine industriale, che hanno portato allo sviluppo di prodotti e sistemi che consentono di raggiungere risultati di eccellenza anche grazie ai nuovi standard impiegati sempre più robusti e affidabili. Se poi fino a qualche anno fa le applicazioni industriali che facevano uso delle tecnologie wireless erano molto più limitate rispetto ad altri ambiti, oggi con la "quarta rivoluzione industriale", che sta cambiando il modo di produrre tramite l'uso diffuso di connessioni wireless e sensori a basso costo, stiamo assistendo ad un rafforzamento del loro trend di crescita. Complici anche le misure contenute del Piano Nazionale Industria 4.0, come Iperammortamento e Nuova Sabatini, volte ad incentivare le aziende ad investire in beni strumentali nuovi e in tecnologie innovative. Questa rivoluzione è caratterizzata dall'utilizzo sempre più massiccio di dati ed informazioni, di nuovi materiali, sistemi totalmente digitalizzati e connessi. In pratica, l'Industria 4.0 si basa su Internet, più precisamente l'Internet of Things (IoT): connessioni che possono essere effettuate tra dispositivi dotati di sensori, software e funzionalità wireless, insieme ad una crescente capacità di raccolta e archiviazione dei dati. Secondo l'OCSE, l'IoT potrebbe interconnettere circa 50 miliardi di dispositivi entro il 2020, un aumento di dieci volte rispetto alle attuali connessioni. Il suo potenziale è enorme. Per le industrie, una maggiore connettività e condivisione dei dati svolgeranno un ruolo significativo nell'alleviare una serie di problemi presentati dalla loro natura: da località remote e catene di approvvigionamento diffuse, a mercati fluttuanti e ambienti di lavoro potenzialmente pericolosi. Dall'insieme di queste considerazioni nasce il progetto di una Guida sempre aggiornata sullo stato dell'arte della tecnologia Wireless nelle applicazioni di automazione industriale, con particolare riferimento alle soluzioni più utilizzate, alla sicurezza uomo-macchina, alla normativa e legislazione che regola il settore.

Il volume, arrivato alla settima edizione, è organizzato in due sezioni: una prettamente tecnologica e l'altra imperniata sulle testimonianze dei principali fornitori di tecnologia Wireless in campo industriale che, attraverso casi pratici, aiutano a comprendere meglio i benefici che può portare la scelta e implementazione delle soluzioni di comunicazione non cablate.

Il lettore che approccia la tecnologia Wireless può trovare nella Guida indicazioni utili ad apprendere rapidamente i principi fondamentali di questa tecnologia e delle sue possibili applicazioni nell'automazione di fabbrica e di processo.

*Gruppo Wireless Industriale*
*ANIE Automazione*

# ANIE Automazione e il Gruppo Wireless

Ad ANIE Automazione aderiscono le imprese, piccole medie e grandi, produttrici di beni e di servizi operanti nel campo dell'automazione manifatturiera, di processo e delle reti di pubblica utilità. ANIE Automazione è una delle 14 Associazioni di settore di ANIE - Federazione Nazionale delle Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche, aderente a Confindustria.

L'Associazione attraverso i suoi Gruppi rappresenta, sostiene e tutela le aziende che svolgono attività nei seguenti comparti merceologici:

- Automazione di processo
- Azionamenti Elettrici
- Componenti e Tecnologie per la Misura e il Controllo
- HMI-IPC-SCADA
- Meccatronica
- PLC-I/O
- Software Industriale
- Telecontrollo, Supervisione e Automazione delle Reti
- Telematica applicata a Traffico e Trasporti
- UPS - Gruppi Statici di Continuità

Nel Gruppo Componenti e Tecnologie per la Misura e il Controllo rientra il sottogruppo Wireless cui partecipano i principali fornitori di tecnologia di tecnologia ed esperti del settore, con l'obiettivo di:

- diffondere informazioni chiarificatrici su caratteristiche e applicabilità della tecnologia wireless in campo industriale
- interfacciarsi con enti deputati alla regolamentazione dell'uso delle varie apparecchiature
- condividere e supportare gli sviluppi normativi
- quantificare e studiare il mercato

attraverso la pubblicazione di articoli tecnologici sulla stampa specializzata; la realizzazione di guide esplicative; la partecipazione a fiere ed eventi di settore con iniziative dedicate; la promozione di giornate di studio e di approfondimento tecnologico; le attività di *lobby* e di monitoraggio dei lavori normativi nelle sedi competenti; indagini statistiche e analisi di mercato.

# Indice


1. Il Wireless nelle applicazioni di Automazione Industriale ..... 6

2. Le tecnologie Wireless più utilizzate ..... 7
- 2.1 Bluetooth ..... 7
- 2.2 Industrial WLAN ..... 9
- 2.3 GSM/GPRS/EDGE/UMTS/Banda Larga ..... 11
  - 2.3.1 GSM ..... 11
  - 2.3.2 GPRS ..... 11
  - 2.3.3 EDGE - EGPRS ..... 12
  - 2.3.4 UMTS ..... 13
  - 2.3.5 LTE ..... 13
- 2.4 Cenni su altre tecnologie ..... 14
  - 2.4.1 WirelessHART ..... 14
  - 2.4.2 ISA 100 Wireless.11a ..... 15
  - 2.4.3 Wisa ..... 16
  - 2.4.4 ZigBee ..... 18
  - 2.4.5 Tecnologia Radio ..... 19
  - 2.4.6 Tecnologie proprietarie, GPS, RF-ID Trusted Wirelss ..... 20
  - 2.4.7 La tecnologia LoRa® per le LPWAN ..... 23

3. Safety e Security nelle applicazioni Wireless ..... 25
- 3.1 Sicurezza uomo, sicurezza degli impianti ..... 25
- 3.2 La prima edizione della norma IEC 62745 per i sistemi di comando senza cavo ..... 27

4. Le norme e la legislazione di riferimento ..... 29
- 4.1 Normativa nazionale e internazionale ..... 29
- 4.2 Condivisione bande ISM ..... 32
- 4.3 Legislazione nazionale ..... 33

5. Glossario delle tecnologie wireless ..... 35

6. Case History ..... 38
- Applicazione Access point Wireless ..... 38
- Applicazione per raccolta segnali e movimentazione materiali in uno zuccherificio ..... 38
- Console di comando wireless real-time per macchine utensili con sicurezza funzionale integrata ..... 40
- Industrial WLAN per l'automazione dei magazzini automatici e delle macchine mobili ..... 41
- Industrial WLAN per la movimentazione dei filati sintetici ..... 43
- I Radar Wireless per i trasferimenti fiscali di greggio in oleodotto ..... 44
- La produttività aumenta con il monitoraggio Wireless HART (IEC 62591) degli scaricatori di condensa ..... 45
- L'ottimizzazione del ciclo idrico integrato grazie all'utilizzo di adeguate architetture di telecontrollo ..... 46
- Soluzioni wireless Bluetooth IP67 per la gestione degli I/O ..... 49
- Tecnologia Bluetooth in impianti per produzione di tubi metallici ..... 50
- Tecnologia Bluetooth per l'automazione di un magazzino ..... 51
- Wireless Ethernet è una soluzione di comunicazione sicura e robusta per la lavorazione di polveri agricole ..... 53

7. Le aziende del WG Wireless di ANIE Automazione ..... 54

# 1. Il Wireless nelle applicazioni di Automazione Industriale

## Panoramica e stato dell'arte

Nella prima edizione di questa guida tecnica, pubblicata nell'anno 2011 e quindi "solo" sette anni fa, nel fornire una piccola panoramica e un'indicazione dello stato dell'arte della tecnologia Wireless in senso lato, si poneva l'accento in modo particolare sulle potenzialità innovative intrinseche di questa tecnologia, cercando di evidenziare in modo chiaro come i vantaggi associati all'introduzione di applicazioni Wireless in ambito Automazione Industriale fossero massimizzati da una corretta scelta di prodotti e protocolli, tra tutti quelli disponibili sul mercato, in funzione delle necessità peculiari dell'applicazione stessa.
Questo perché una comunicazione Wireless può essere realizzata in molti modi, sfruttando tecnologie differenti tra di loro, a volte anche in modo sensibile, e che, pur garantendo ognuna comunque un ampio spettro applicativo, vengono ad essere esaltate e sfruttate al massimo per specifiche caratteristiche quali, ad esempio, la distanza di comunicazione, la quantità dei dati trasmessi, la copertura di aree più o meno estese, la possibilità di operare in bande libere da licenza, il consumo energetico dei componenti.
Si era quindi ottimisti sul fatto che il numero delle applicazioni Wireless sarebbe cresciuto rapidamente di pari passo con la maggiore consapevolezza e conoscenza dei tecnici di automazione circa vantaggi, modalità operative e applicative delle varie possibili soluzioni presenti sul mercato.

Dal punto di vista delle dimensioni oggi raggiunte dal "mercato" Wireless, sia su base nazionale sia su base internazionale, il successo allora ipotizzato si è concretizzato e siamo ancora oggi convinti che questo sia in prima battuta dovuto a una maggiore conoscenza della "materia" da parte dei tecnici di automazione.
E' comunque inconfutabile il fatto che, per una crescita continuativa di una determinata tecnologia, non sia sufficiente il solo diffondersi delle caratteristiche della stessa tra gli operatori di mercato, ma che, di pari passo, occorra un'evoluzione tecnologica capace di adattare sempre meglio la tecnologia alle necessità innovative del mercato o, addirittura, di essere essa stessa parte integrante nella definizione di un trend innovativo di mercato.
In entrambi i casi, la tecnologia Wireless in senso lato si sposa in modo perfetto con il mega trend Industry 4.0 (declinato in Italia negli interventi governativi a supporto degli investimenti in chiave 4.0) e con la conseguente cosiddetta fabbrica digitale.

I vantaggi classici che erano alla base dell'introduzione di soluzioni Wireless di solo qualche anno fa erano caratterizzati, in modo sintetico e non esaustivo, dalla possibilità di creare rapidamente e a costi contenuti collegamenti in ambienti in cui la posa di cavi era difficile o costosa (ad esempio all'interno di siti ferroviari, in siti attraversati da elementi naturali quali fiumi, asperità del terreno o da pubblica viabilità, in siti già particolarmente densi di infrastrutture di comunicazione quali condotti, cavi, canaline e in situazioni ambientali assimilabili), dalla sostituzione di costose soluzioni di collegamento di parti mobili, sia in termini di prima installazione sia in termini di manutenzione, quali ad esempio cavi flessibili in catene portacavi, o cavi a festone o contatti striscianti, per acquisire dati da remoto da siti distanti o difficilmente raggiungibili, soprattutto in applicazioni in ambito processo o di trattamento acque, centrali di produzione energia, parchi eolici.
I vantaggi di un collegamento da remoto si sono poi estesi a macchia d'olio a tutti gli altri comparti industriali, affiancando alla semplice raccolta dati anche la possibilità di assistenza sugli impianti da remoto e, in tempi più recenti, allo sfruttamento di soluzioni Cloud per analisi dei dati acquisiti in un'ottica di manutenzione predittiva.
I vantaggi derivati dall'acquisizione dei dati da un elevato numero di sensori/attuatori disposti in un sito esteso (si pensi ad una raffineria) hanno reso sempre più interessante e conveniente l'installazione di reti WSAN (Wireless Sensor and Actuator Network) di tipo mesh. Reti che introducono inoltre la possibilità di integrare nuovi sensori/attuatori in rete in modo semplice ed economicamente conveniente.
Anche la sicurezza degli operatori trae, per specifiche applicazioni, importanti benefici dall'introduzione di soluzioni Wireless. Si pensi ad esempio all'utilizzo di pulsantiere di comando che, libere da impedimenti legati al loro collegamento fisico alla macchina, consentono all'operatore di posizionarsi in quelle zone della macchina dove migliore è la visibilità degli organi posti in movimento e che possono essere potenzialmente pericolosi (nelle gru,

ad esempio, per questo tipo di aspetti, la tecnologia wireless è già da tempo realtà).
Oppure si pensi alla possibilità di far dialogare in modo efficace ed economico i sistemi di sicurezza e di automazione disposti a bordo di un AGV con un sistema di controllo fisso a terra permettendo in questo modo una maggiore integrazione dell'AGV stesso con altri sistemi simili o con le macchine che operano nella medesima area produttiva. Il possibile uso della tecnologia Wireless con Roaming in senso lato consente un'agevole copertura di ampie zone industriali all'interno delle quali si possono muovere un numero sensibile di AGV, permettendo il funzionamento di anche altre reti wireless all'interno del medesimo sito, attraverso il possibile ricorso a più protocolli che possono coesistere tra loro.

Il tutto con un corpo normativo che, anche per quest'ultimo aspetto, tende a rapidamente completarsi per favorire applicazioni a regola d'arte.
Da questo punto di vista, piace sottolineare come in tale ambito l'Italia giochi un ruolo di particolare rilievo grazie all'intensa e competente attività del Comitato 65C del CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) che contribuisce in modo fattivo ai lavori in ambito internazionale condotti dal comitato tecnico 65C dell'IEC (International Electrotechnical Commission) e del comitato tecnico 65X del CENELEC per alcuni aspetti tipicamente europei.
Senza contare che anche altri comitati tecnici cominciano ad interessarsi ai dispositivi industriali di tipo Wireless, come dimostra la recente pubblicazione della norma IEC 62745 dedicata ai radiocomandi industriali, redatta dal comitato IEC 44, quello per intenderci che si occupa della Sicurezza del Macchinario.

Per quel che riguarda i possibili settori applicativi, l'ampia disponibilità di prodotti e protocolli, al pari dei vantaggi applicativi e innovativi che la tecnologia Wireless può offrire, consentono sbocchi potenzialmente interessanti in mercati o comparti industriali anche diversi tra di loro.
Pur con connotazioni diverse in termini di esigenze tecniche da soddisfare, la classica factory automation, il material handling, il process, il trattamento acque, il segnalamento, l'automotive e il packaging sono settori di destinazione ideale per le soluzioni Wireless.

Per concludere, un rapidissimo sguardo al futuro prossimo della tecnologia wireless nell'ambito dell'automazione industriale.
Cosa bolle in pentola?
Cosa è lecito aspettarsi?
Al di là di una ancor maggiore diffusione e conoscenza della tecnologia da parte degli operatori del settore dell'automazione industriale e della naturale evoluzione tecnologica che porterà ad avere dispositivi più performanti rispetto a quelli odierni, sicuramente l'onda lunga della digitalizzazione industriale introdotta e stimolata da Industry 4.0 sarà ancora alla base, per i prossimi anni, della crescita continuativa che tutti gli studi di settore attribuiscono alla tecnologia Wireless in senso lato.
L'auspicio è che nel breve sia anche accolta dagli enti sovrannazionali competenti l'accorata richiesta proveniente dai fornitori e dagli utilizzatori in ambito industriale di poter disporre di una banda di frequenza specificatamente dedicata al mondo delle applicazioni Wireless industriali. Richiesta su cui sia ANIE sia il CEI si stanno da tempo adoperando in modo coordinato e a supporto degli operatori ministeriali competenti, al fine di supportare al meglio le esigenze dell'industria nazionale.

# 2. Le tecnologie Wireless più utilizzate

## 2.1 Bluetooth

La tecnologia Bluetooth è stata sviluppata originariamente dalla società svedese Ericsson nel 1994 per applicazioni in ambito telecomunicazioni a cortissimo raggio.
Il nome "Bluetooth" trae origine da una figura storica del X secolo, il re danese Harald Blåtand (o Harold Bluetooth in lingua inglese), che fu molto abile nel riunire le diverse fazioni in guerra tra loro in quelle che oggi sono

Norvegia, Svezia e Danimarca: allo stesso modo, la tecnologia Bluetooth è stata progettata per consentire la collaborazione tra diversi dispositivi, come PC, telefoni cellulari, PDA ed altri dispositivi.

Questo protocollo diverrà successivamente uno standard internazionale e oggetto della norma IEEE 802.15.1.

I dispositivi che supportano la tecnologia Bluetooth sono suddivisi in 3 Classi.
Le Classi 2 e 3, normalmente utilizzate per esempio nei telefoni cellulari, negli auricolari e in dispositivi similari alimentati a batteria, sono meno performanti e, conseguentemente, più economiche rispetto alla Classe 1 che è quella normalmente utilizzata dai dispositivi previsti per l'ambiente industriale.
La Classe 1 prevede una distanza massima di trasmissione in campo libero nell'ordine della centinaia di metri.

Bluetooth opera nella banda a frequenza 2.4 GHz, una banda libera ove i dispositivi possono operare gratuitamente e senza licenza d'utilizzo e che normalmente è destinata ad applicazioni in ambito industriale, scientifico e/o medicale (da cui l'acronimo Banda ISM).
La frequenza di banda è superiore rispetto alle frequenze potenzialmente disturbatrici normalmente presenti in ambiente industriale, incluse quelle derivanti per esempio da saldatura ad arco elettrico.

Tra le caratteristiche tecniche più importanti del protocollo Bluetooth possiamo annoverare l'ottima robustezza nei confronti di eventuali perturbazioni esterne.
Viene a tal fine utilizzata la cosiddetta tecnologia a salto di frequenza adattativo, con acronimo inglese AFH per Adaptive Frequency Hopping.
In base a questa tecnologia, la trasmissione tra due dispositivi non avviene su di un canale fisso (porzione di banda di frequenza ben definita) ma "salta" tra più canali.
Questo consente di continuare comunque il processo comunicativo anche se un canale risulta disturbato o occupato da altri dispositivi.
Nelle specifiche Bluetooth è previsto l'uso di 79 canali (ampiezza 1 MHz nella banda da 2,4 a 2,485 GHz) con 1600 salti al secondo.
La "hop sequency" è costituita da l'indirizzo Bluetooth unico e un generatore di numeri casuali. In questo modo, ogni rete ha la sua pico proprietaria "hop-sequency".

I dispositivi Bluetooth più evoluti possono anche prevedere un'automatica e permanente esclusione dei canali "problematici" che non verranno quindi più utilizzati nei successivi salti di frequenza. La tecnologia AFH consente inoltre di poter installare un elevato numero di dispositivi in un medesimo ambiente.

Altro importante aspetto tecnologico dei dispositivi Bluetooth è quello relativo alla regolazione automatica della potenza trasmissiva.
Se i dispositivi in comunicazione Wireless Bluetooth diretta tra loro, come possono essere un master con i relativi slave, si trovano ubicati a distanza ravvicinata, non è necessario attingere alla massima potenza di trasmissione, solo una parte di quest'ultima verrà effettivamente utilizzata. Questa caratteristica permette un consumo energetico ridotto da parte del dispositivo, aspetto fondamentale ogni qual volta si utilizzino dispositivi alimentati a batterie, consentendo allo stesso tempo una riduzione in termini di possibili interferenze con altre reti Bluetooth disposte nello stesso ambiente.

A partire dalla specifica 3.0 rilasciata dal Bluetooth SIG (Special Interest Group), è stata implementata la tecnologia Bluetooth high speed: l'uso di un Generic Alternate MAC/PHY, oltre a consentire l'uso dei noti profili e funzionalità Bluetooth, consente di raggiungere prestazioni più elevate grazie all'utilizzo momentaneo di un circuito radio secondario implementato nei dispositivi.

Riassumendo, miglioramenti introdotti dalla specifica Bluetooth 3.0 sono i seguenti:

- ottimizzazione dei consumi grazie all'utilizzo della trasmissione ad elevata velocità solo in caso di necessità;
- sicurezza (security) migliorata grazie al meccanismo Generic Alternate MAC/PHY che abilita

il circuito radio per la ricerca di altri dispositivi ad elevata velocità solo quando necessario;

- miglioramento del controllo della potenza, che evita momentanee perdite di comunicazione in caso in cui il dispositivo partner venga a trovarsi in condizioni di scarsa visibilità (ad es., perdita di comunicazione tra un auricolare ed un telefonino all'interno della tasca di un vestito o in una borsa);

- latenza ridotta grazie all'invio di pacchetti di dimensioni più ridotte ma con maggiore frequenza.

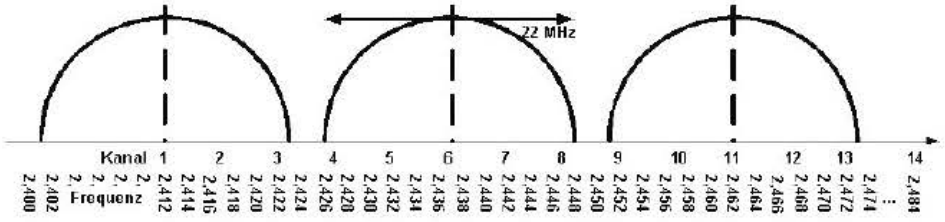
La combinazione delle caratteristiche sopra evidenziate, associata a una relativa economicità della soluzione tecnologica e, conseguentemente, del costo dei dispositivi, rende la tecnologia Bluetooth particolarmente indicata in applicazioni industriali su macchine o linee non troppo estese laddove sia magari necessario gestire anche un elevato numero di segnali (e quindi di dispositivi) o dove sono già presenti altri dispositivi wireless con protocollo diverso: una delle caratteristiche della tecnologia Bluetooth è infatti la possibile agevole coesistenza con reti WLAN.

## 2.2 Industrial WLAN

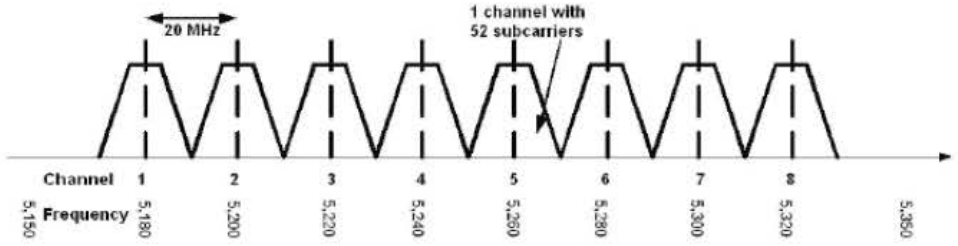
In informatica "wireless local area network" termine inglese abbreviato in WLAN o Wireless LAN, indica una "rete locale senza fili" che utilizza una connessione wireless. La tecnologia WLAN più diffusa è quella basata sullo standard IEEE 802.11 (noto anche con il nome commerciale Wi-Fi); soluzione ideale anche per realizzare l'infrastruttura di rete, con impianti di automazione industriale che prevedano l'impiego di macchine mobili (Veicoli a Rotaia, Carri ponte, AGV, ...). Utilizzando antenne omnidirezionali, direzionali o cavi a guida d'onda, infatti è possibile progettare un sistema senza fili affidabile ed idoneo alle dimensioni applicative di fabbrica.
I prodotti Industrial WLAN con supporto degli standard IEEE 802.11 sono adatti ad un uso in ambiente industriale ed in condizioni critiche d'installazione, per soddisfare le esigenze di determinismo del sistema di comunicazione nel controllo dell'impianto di produzione. Gli standard IEEE 802.11 sono riassunti nella tabella sottostante:

| Versione | Anno | Frequenza | MIMO | Banda | Max Data Rate |
|---|---|---|---|---|---|
| 1997 | 1997 | 2.4 GHz | N/A | 22MHz | 2 Mbps |
| 802.11a | 1999 | 3.7/5 GHz | N/A | 20MHz | 54 Mbps |
| 802.1b | 1999 | 2.4 GHz | N/A | 22MHz | 11 Mbps |
| 802.11g | 2003 | 2.4 GHz | N/A | 20MHz | 54 Mbps |
| 802.11n | 2009 | 2.4/5 GHz | 4x4 | 40MHz | 600 Mbps |
| 802.11ad | 2012 | 60 GHz | N/A | 2160MHz | 6.75 Gbps |
| 802.11ac | 2013 | 5 GHz | 8x8 | 160MHz | 6.77 Gbps |
| 802.11ah | 2016 | 0.9 GHz | 4x4 | 16MHz | 347 Mbps |
| 802.11aj | N/A | 45/60 GHz | N/A | N/A | N/A |
| 802.11ax | N/A | 2.4/5 GHz | N/A | N/A | N/A |
| 802.11ay | N/A | 60GHz | N/A | N/A | N/A |

Con ognuno degli standard il "Data Rate" si adatta automaticamente al valore massimo utilizzabile in funzione dei disturbi nella trasmissione del segnale.
Lo standard 802.11h è un'espansione compatibile con gli standard a 5GHz che permette l'utilizzo di un numero maggiore di canali di comunicazione in convivenza con i sistemi radar aeroportuali. IEEE 802.11h aggiunge alla procedura di trasmissione TPC "Transmit Power Control", il metodo DFS "Dynamic Frequency Selection" con cui è possibile rilevare la presenza di segnali radar..
L'importante vantaggio di questo meccanismo è la possibilità di specificare canali alternativi utilizzabili per lo scambio dati, nel caso in cui l'Access Point (dispositivo che realizza la copertura WLAN) rilevi la presenza di un segnale radar sulla stessa frequenza usata per il canale di trasmissione.
Con lo standard 802.11n si ha avuto un significativo incremento del throughput di rete rispetto agli standard precedenti 802.11a, b, g e h, con Data Rate raggiungendo i 600 Mbps poi aumentati a oltre 6Gbps dagli standard successivi. Inoltre, grazie alla tecnologia Dual Band, ha consentito l'utilizzo sia delle bande radio a 2,4 che 5 GHz.
Da questo standard è stata introdotta infatti la tecnica "multiple-input multiple-output" (MIMO) che prevede l'uso di segnali radio a portanti multiple, con trasmissione di più flussi dati definiti "flussi spaziali", sia per il trasmettitore che il ricevitore. IEEE 802.11n ha introdotto inoltre l'utilizzo di flussi spaziali con una larghezza di canale più ampia rispetto ai 20 MHz utilizzati dai precedenti standardIEEE 802.11, passando dai 40MHz dello standard 802.11n fino addirittura i 2160 dello standard 802-11ad.
Tutti gli standard sono retrocompatibili agli standard precedenti a parità di portante (ad esempio 802.11ac e compatibile con 802.11n su 5GHz e 802.11a mentre 802.11n è compatibile con 802.11g a 2,4GHz)
Ulteriori standard sono attualmente in fase di studio.
Ogni nazione adotta normative proprie per l'utilizzo degli standard di trasmissione, delle potenze e dei canali consentiti.Ad esempio In Italia la banda di frequenze 2,4GHz è consentita sia Indoor che Outdoor su suoli privati. La banda dei 5GHz) è disponibile solo su suoli privati Indoor e non Outdoor, per possibili interferenze con canali militari; Il 5GHz (standard 802.11h) aggiunge dei canali per trasmissioni private Outdoor.
Gli standard 802.11 b e g definiscono 13 canali di comunicazione sovrapposti in frequenza; in particolare ogni canale risulta essere sovrapposto con i due successivi ed i due precedenti. Nella scelta dei canali di trasmissione, è fondamentale fare attenzione alla progettazione di aree radio sovrapposte, rilevando eventuali segnali presenti in fase di progettazione. In questo caso è necessario valutare i canali, in modo che nessuna area di trasmissione di un Access Point disturbi quella di un altro. In una stessa zona di copertura sono possibili al massimo 3 canali non sovrapposti; si veda la figura successiva.




Utilizzando invece lo standard 802.11n nella banda 2,4 GHz, dal momento che l'ampiezza di canale passa da 20 MHz a 40 MHz, il numero di canali scende a 9 (dei quali due non sovrapposti ). Con l'utilizzo degli standard 802.11a, h non esistono canali sovrapposti, è quindi opportuna la scelta di questi standard quando si devono progettare trasmissioni radio ad alta densità di Access Point. In alternativa è possibile scegliere solo i 3 canali non sovrapposti dei 2,4 GHz impostandoli in sequenza per ogni terna di Access Point adiacenti.



## 2.3 GSM/GPRS/EDGE/UMTS/Banda Larga

L'elemento che accomuna tutte le tecnologie radiomobili dal GSM alla prossima generazione a banda larga è il terminale radio mobile che si può considerare formato da 2 parti distinte:

- la terminazione radiomobile, in grado di svolgere le funzioni di connessione e comunicazione verso i servizi messi a disposizione dai vari provider di telefonia (telefono cellulare, modem GSM/GPRS, ROUTER GPRS/UMTS);
- un modulo personale utente meglio conosciuto come SIM (Subscriber Identity Module) card, contenente le informazioni ed i servizi disponibili per un dato utente.

### 2.3.1 GSM

Il sistema radio mobile GSM (Global System for Mobile communication) nasce in Italia nel 1995. I servizi da subito disponibili sono la chiamata voce e l'SMS. La tipologia di rete utilizzata dal GSM è a rete commutata con codifica del tipo TDMA (Time Dision Multiple Access) viene quindi suddivisa la banda disponibile in portanti ed ogni portante viene suddivisa in time slot. Ogni chiamata effettuata occupa uno o più time-slot per tutta la durata della conversazione. Lo scambio dati via GSM anche detto CSD (Circuit Switched Data) è molto simile ad una chiamata voce, viene quindi impegnato un time-slot per tutta la durata dello scambio dati, questo indipendentemente dal fatto che vengano o meno scambiate delle informazioni. La tariffazione del servizio usufruito viene quindi eseguita sulla base del tempo di connessione e non sui dati effettivamente trasmessi.
Come avviene per le conversazioni telefoniche il tipo di servizio disponibile è del tipo PTP (Point to Point), quindi si può considerare la connessione GSM come se fosse equivalente ad una comunicazione tra dispositivi che stanno utilizzando una linea cablata in quanto impegnano in modo esclusivo delle risorse della rete.
La velocità di scambio dati consentita è di 9600 bps. Per eseguire una comunicazione dati via GSM la SIM card utilizzata deve essere abilitata allo scambio dati, tipicamente vengono forniti dei numeri dedicati che insistono sula stessa SIM ma che sono funzionali a gestire solo il traffico di informazioni. Le connessioni dati basate su tecnologie GSM sono sempre meno utilizzate perché costose e poco prestazionali, presentano il vantaggio di riservare una linea per la comunicazione e quindi una comunicazione più stabile rispetto alle tecnologie a commutazione di pacchetto. Possono quindi essere ancora prese in considerazione per operazioni di tele-maintenance oppure per raccolta dati dal campo se abbinate a protocolli che permettono la bufferizzazione degli eventi lasciando agli SMS l'unica forma di segnalazione allarme.

### 2.3.2 GPRS

Il GPRS nasce per fare fronte ai limiti di velocità di connessione e costi propri della rete GSM. Tale standard viene a posizionarsi dal punto di vista delle prestazioni tra il GSM e l'UMTS per questo viene considerato come tecnologia di tipo 2.5G. GPRS è l'acronimo di General Packet Radio Service in quanto introduce nella comunicazione dati che instaura il concetto di trasmissione a 'pacchetto', in contrapposizione alla modalità di comunicazione a commutazione di circuito propria del sistema GSM.
La nuova modalità di trasmissione permette di condividere la stessa risorsa radio fra più utenti che si trovano agganciati alla stessa cella, inoltre la stazione mobile si può considerare "always on", ovvero sempre disponibile allo scambio dati. I costi verranno addebitati secondo il modello 'pay per info', cioè sulla base dell'ammontare dei dati che vengono effettivamente scambiati.
La suddivisione dei dati in pacchetti permette inoltre di gestire in modo ottimale un traffico di tipo improvviso (burst), tipico delle connessioni dati ottimizzando inoltre le risorse radio in quanto queste vengono assegnate solo in caso di necessità.
Ogni utente può, se disponibili, connettersi fino ad un massimo di 8 time slots arrivando ad una velocità teorica di scambio dati di 160kbit/s il tutto sfruttando la rete GSM con l'aggiunta di alcuni moduli HW e SW atti a gestire le informazioni a pacchetto e la connessione alla rete basata su protocollo IP.
Un dispositivo che si aggancia alla rete GPRS riceve, infatti, un indirizzo IP che lo identifica all'interno della rete a

livello di Provider dei servizi, talvolta l'indirizzo IP è disponibile anche per un accesso diretto da parte di un qualsiasi punto della rete internet. Questa caratteristica intrinseca che permette, di fatto, di connettere un device alla rete delle reti introduce l'opportunità di utilizzare servizi propri di internet quali l'accesso mediante pag. HMTL
per il monitoraggio delle stazioni dislocate geograficamente o l'invio di e-mail per la segnalazione di avarie o situazioni di emergenza senza, di fatto, aggiungere ulteriori elementi tecnologici.
L'indirizzo IP viene assegnato al momento della connessione e rimane invariato sino alla disconnessione del dispositivo dalla rete, ad ogni connessione si riceve un IP diverso. Per poter accedere al dispositivo stesso mediante l'IP che lo identifica al momento della connessione deve essere attivato un meccanismo di risoluzione dell'IP dinamico.
Tipicamente i canali di un punto di accesso alla rete sono allocati per il traffico GSM. I canali per il servizio GPRS possono essere destinati in modo statico o dinamico dall'operatore. Se sono allocati in modo statico i canali vengono sottratti in modo permanente al traffico voce, se vengono invece allocati in modo dinamico i canali per il GPRS vengono allocati sulla base delle richieste (on demand) se disponibili, in questo caso se vi è un traffico voce che satura la cella il traffico dati non è disponibile.
Inizialmente l'allocazione era dinamica ma recentemente alcuni operatori stanno riservando in modo continuativo dei canali per il GPRS in modo da garantire un servizio dati minimo anche in situazioni di saturazione dei canali voce. Se il traffico voce aumenta, i canali GPRS che sono stati allocati in modo dinamico vengono man mano rilasciati per soddisfare le richieste a connessione di circuito. Il canale viene dato in uso ad una stazione mobile solo nel caso questa richieda informazioni alla rete, così facendo il canale in assenza di comunicazione rimane libero e può essere utilizzato contemporaneamente da più stazioni mobili con un'elevata efficienza. Quando serve l'accesso alla rete per l'invio ricezione di informazioni il dispositivo effettuerà una richiesta al provider dei servizi il quale allocherà, se disponibile, la banda necessaria. Tipicamente il traffico dati è sbilanciato verso il downlink rispetto all'uplink e quindi anche le risorse allocate per un dato dispositivo saranno sbilanciati in modo da ottimizzare il traffico in modo commisurato al reale utilizzo. Il GPRS risulta quindi, ad oggi, la rete di gran lunga più utilizzata dal punto di vista del traffico dati, soprattutto perché permette di avere una velocità potenzialmente elevata, se comparata con la rete CSD, a fronte di un costo di utilizzo molto contenuto. Il suo utilizzo principale va ricercato in applicazioni di telecontrollo che vedono richieste di moderate quantità informazioni ad intervalli frequenti. Meno stabile può essere l'utilizzo del GPRS per operazioni di tele-maintenance a causa di una disponibilità della banda non garantita che talvolta può rendere le prestazioni della comunicazione GPRS poco soddisfacenti.

Gli ambiti applicativi in cui viene utilizzato il GPRS sono:

- la raccolta di modeste quantità dati (qualche decina di word) ad intervalli regolari,
- la segnalazione di malfunzionamenti via email,
- scambio dati tra RTU in campo (M2M),
- controllo RTU via pag. HTML di dimensioni ridotte.

### 2.3.3 EDGE - EGPRS

E' in grado di fornire prestazioni fino a 3 volte superiori al traffico GPRS arrivando ad una capacità massima di 384 Kbps.
Rispetto al GPRS vengono mantenute invariate tutte le caratteristiche relative alla modulazione di pacchetto. Si può, ogni modo, considerare ragionevole una velocità pari a 200kbps in condizioni di impegno della rete normali. Dal punto di vista dell'accesso alla rete si differenzia solamente a livello di antenna di ricezione e demodulazione del segnale ricevuto in quanto l'algoritmo utilizzato in fase di modulazione del segnale è diverso da quello adottato da GSM/GPRS. A causa di questa differenzazione ha inizialmente stentato a prendere piede in quanto i diversi operatori la spingevano in modo diseguale.
Gli investimenti si sono poi arrestati per dare spazio alla nuova tecnologia 3G di nuova generazione.

### 2.3.4 UMTS

La tipologia di rete utilizzata dall'UMTS è a modulazione di pacchetto con codifica del tipo CDMA (Code Dision Multiple Access) tutti gli utenti possono quindi utilizzare contemporaneamente la stessa banda molto ampia con assegnazione ad ogni utente di una particolare sequenza di codice incorrelata con quella degli altri utenti.
Dal punto di vista dell'architettura, l'UMTS rappresenta una grossa evoluzione rispetto alle reti basate sulla struttura GSM in quanto, viene utilizzata una codifica diversa che favorisce l'installazione delle antenne in quanto non vi sono problemi di interferenze tra portanti adiacenti e lavora su frequenze diverse rispetto a quelle assegnate al GSM. Tutta la parte di interconnessione tra i terminali mobili e il provider dei servizi è stata quindi rinnovata con grossi investimenti da parte dei provider stessi.

Le capacità massime delle varie tecnologie CDMA based sono:

| | UMTS | HSDPA | HSUPA |
|---|---|---|---|
| Down link | 384kbps | 14.4Mbps | 14.4Mbps |
| Up link | 64kbps | 384kbps | 5.8Mbps |

Tabella 1

E' adatto a qualsiasi tipo di applicazione in quanto la velocità ed il costo applicato permettono operazioni di telecontrollo e tele-maintenance, l'unica limitazione sta nella copertura che risulta essere ancora inferiore rispetto alla tecnologia GSM che oramai copre il 99% della popolazione. In assenza di copertura UMTS il segnale viene trasferito automaticamente su GPRS senza la perdita di connessione questo per una copertura ed un servizio sempre attivo che sfrutta il massimo delle prestazioni disponibili.
Viste le alte velocità che caratterizzano le tecnologie dall'UMTS all'HUSPA la connessione ad Internet viene solitamente eseguita con dei router wireless che permettono di sfruttare le porte Ethernet per la connessione verso le RTU di campo.
Gli ambiti applicativi in cui viene utilizzato l'UMTS e le nuove tecnologie HSDPA/HSUPA sono:

- operazioni di datalogging,
- invio di email,
- controllo RTU di campo mediante pag. HTML sviluppate con qualsivoglia tecnologia (Java, AJAX, etc),
- tele-maintenance,
- scambio dati tra RTU in campo (M2M).

### 2.3.5 LTE

L'LTE, ovvero Long Term Evolution, è l'evoluzione degli standard di telefonia mobile UMTS. L'LTE è parte integrante dello standard UMTS, ma introduce delle significative novità dal punto di vista delle tecnologie utilizzate e delle capacità trasmissive, in particolare::

- downlink fino a 326 Mbps
- uplink fino a 86 Mbps

L'accesso alla rete dei dispositivi è effettuato mediante tecnologia OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) e per aumentare la capacità è stata introdotta la tecnica MIMO (Multiple Input Multiple Output) con l'utilizzo di più segnali in parallelo sulla stesso canale radio.
L'architettura della rete è sta completamente ridefinita, abbandonando alcuni paradigmi tipici delle precedenti

standard come il trasporto della voce su canali TDM, per passare a una struttura di rete piatta, decentralizzata in modo da minimizzare la latenza e migliorare la connettività dati.
Sebbene tecnicamente LTE non sia ancora da considerarsi uno standard di quarta generazione (che richiedono per definizione dell'unione internazione delle telecomunicazioni, ITU, una capacità di picco in down link di 1Gbps) ma per motivi di marketing è conosciuta al grande pubblico come 4G.
L'evoluzione di LTE è denominata LTE Advanced o LTE+, attualmente in sviluppo, che invece sarà in grado di raggiungere tali prerequisiti è invece pubblicizzata come 4.5G.
Chi lavora nel settore del telecontrollo ha quindi ora a disposizione una risorsa in termini di banda di comunicazione adeguata per gestire la stazione remota con tecnologie che richiedono traffici dati importanti come l'accesso video e la raccolta di diverse tipologie di dati, dando così al centro di controllo gli elementi necessari per decisioni critiche validate da informazioni adeguate.

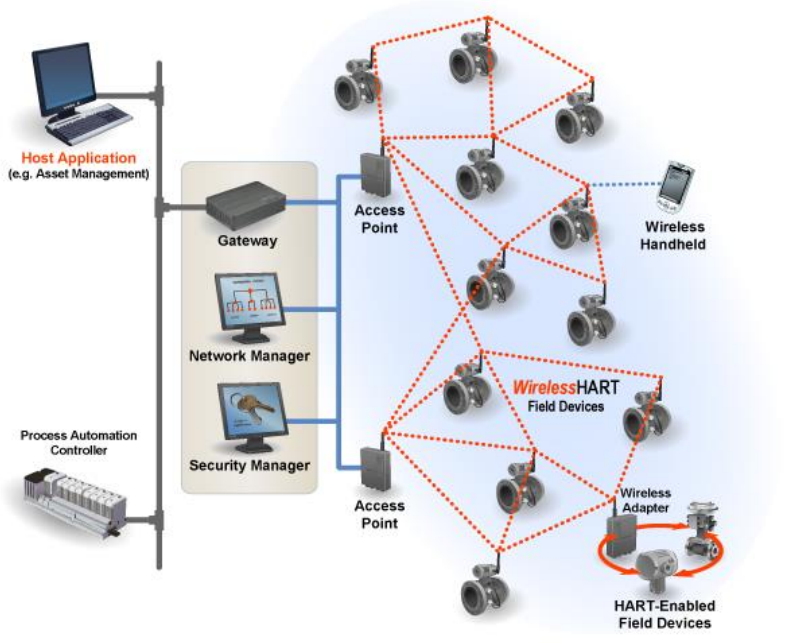
## 2.4 Cenni su altre tecnologie

### 2.4.1 WirelessHART

Il protocollo di comunicazione HART, dal 1989 è utilizzato come tecnologia di comunicazione per strumentazione di processo intelligente. La tecnologia wireless offre agli utenti la possibilità di accedere alla vasta quantità di informazioni che rimangono inutilizzate nei dispositivi intelligenti HART installati e allo stesso tempo è un modo semplice ed affidabile per impostare nuovi punti di misurazione e controllo senza spese di cablaggio.

Ogni rete WirelessHART* include tre elementi principali:

- strumenti da campo wireless connessi agli impianti di processo;
- gateway che consentono la comunicazione tra questi strumenti e le applicazioni connesse ad una backbone (dorsale) ad alta velocità piuttosto che ad un'altra rete di comunicazioni esistente;
- un network Manager responsabile per la configurazione della rete, lo scheduling delle comunicazioni tra strumenti, l'instradamento dei messaggi ed il monitoraggio dello stato della rete. Il network manager può essere integrato nel gateway, o nell'applicazione host, piuttosto che nel controller d'automazione di processo.




*Standard IEC dal 2010 che utilizza tool/configuratori comuni al protocollo cablato HART

Il network utilizza sensori ricetrasmettitori radio, conformi allo standard IEEE 802.15.4, operanti nella banda industriale, scientifica e medica, da 2,4 GHz. La tecnologia DSSS "direct sequence spread spectrum" ed il "channel hopping" garantiscono la sicurezza e l'affidabilità delle comunicazioni. Inoltre le comunicazioni tra strumenti e gateway con il protocollo TSMP "Time Syncronized Mesh Protocol" aumentano ulteriormente il livello di robustezza della rete e garantiscono la ridondanza del segnale.
Ogni strumento della rete può fungere da router per i messaggi provenienti da altri strumenti. In altre parole, uno strumento non ha bisogno di comunicare direttamente con il gateway, ma può semplicemente inoltrare il proprio messaggio allo strumento più vicino. Ciò estende la portata della rete e fornisce una ridondanza di percorsi al fine di aumentare l'affidabilità della rete stessa. Il network manager determina i percorsi ridondanti sulla base della latenza, dall'efficienza e dall'affidabilità della comunicazione.
Per garantire che i percorsi ridondanti rimangano aperti e praticabili i messaggi cambiano continuamente tra percorsi ridondanti. Di conseguenza, come per le comunicazioni internet, se un messaggio non riesce a raggiungere la propria destinazione attraverso un percorso, viene automaticamente re-instradato su di un percorso ridondante ed affidabile, senza alcuna perdita di dati.
Inoltre, la configurazione a rete (mesh) semplifica l'aggiunta o lo spostamento di strumenti. Fin tanto che uno strumento ricade all'interno della portata di altri strumenti della rete, esso può comunicare.
Affinché la flessibilità delle reti soddisfi le più diverse specifiche applicative, il protocollo WirelessHART supporta diverse modalità di messaging, ivi inclusa la pubblicazione monodirezionale di dati di processo e controllo, la notifica spontanea di eccezioni, domande/risposte ad hoc, ed i trasferimenti a blocchi auto-segmentati di insiemi corposi di dati. Tali caratteristiche consentono di configurare le comunicazioni sulla base delle particolari specifiche delle applicazioni riducendo così i consumi energetici e le supervisioni.

### 2.4.2 Wireless ISA 100.11a

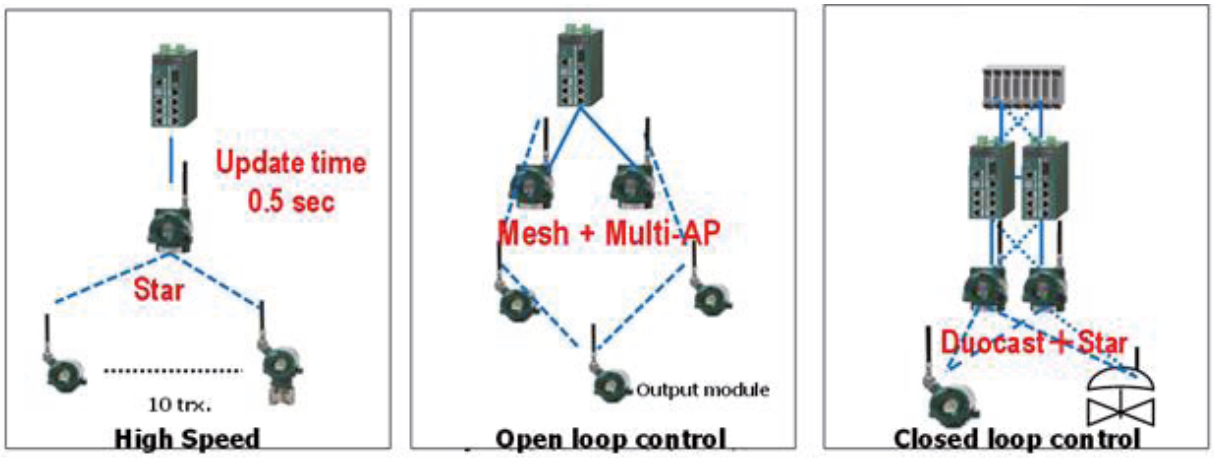
Standard aperto multifunzionale per reti wireless di sensori e attuatori, ISA 100.11a è stato ufficialmente riconosciuto con una specifica approvata nel maggio 2009 e passata a normativa IEC 62734 nel 2014. Adotta il livello fisico a 2,4 GHz definito nella revisione del 2006 dello standard IEEE 802.15.4 (modello ISO/OSI), con modulazione di tipo DSSS. La scelta di un solo livello fisico favorisce l'interoperabilità tra i produttori di apparecchiature, al fine di semplificare la diffusione dello standard. Impiega uno schema di channel hopping analogamente a quello previsto dal protocollo WirelessHart; la stessa tecnica, del resto, è usata nelle apparecchiature militari per migliorare l'affidabilità della comunicazione in condizione di congestione del mezzo fisico. L'accesso a quest'ultimo è deciso sulla base di uno schema TDMA (Time Divsion Multiple Access) nelle modalità "slotted channel hopping", "slow channel hopping" e "ibrida", che consentono di definire time slot flessibili e configurabili; lo schema adottato all'interno del protocollo WirelessHart, descritto in precedenza, invece, si basa su finestre temporali di durata fissa di 10 ms. Il formato dei frame è in accordo alle raccomandazioni IETF RFC 4944 (IP based); il livello di rete dello standard definisce i servizi d'indirizzamento e routing, oltre alle procedure di internet working.

Sono supportate configurazioni di rete a stella, adottate soprattutto in applicazioni critiche che richiedano tempi di risposta ridotti, mesh e tipologia mista di rete mesh e stella, che permette di utilizzare i benefici delle due configurazioni (ridondanza, velocità, affidabilità e tolleranza ai problemi d'interferenza). Diversamente dalle reti "multi hop", che tendono a ripetere uno stesso messaggio più volte, soprattutto nelle strutture di dimensioni più ampie, i sistemi ISA 100.11a tentano di inoltrare quanto prima il messaggio a una dorsale di distribuzione primaria a elevata qualità, riducendo drasticamente l'uso del canale radio. Ne consegue una sostanziale riduzione della potenza dissipata, fondamentale soprattutto nelle applicazioni con alimentazione a batteria. L'"application sublayer" definisce i servizi che realizzano l'integrazione dei nodi con le applicazioni host mediante gateway.

Fondamentali sono le funzionalità di "tunneling" rese disponibili per la traslazione di protocolli generici. Questi vanno da un semplice "basic tunneling", che consente di inglobare i dati utente generici in un frame ISA 100.11a e trasportarli tra due nodi utilizzando il livello fisico del protocollo, a soluzioni complete di "extended tunneling", che permettono, ad esempio, di connettere mediante gateway a una rete ISA 100.11a un sistema di controllo per bus Devicenet, Profibus, FF, Hart o anche proprietario. Per quanto concerne gli aspetti di sicurezza, anche ISA 100.11a

prevede la cifratura delle informazioni ai livelli "data link", per ogni hop della rete, e di "trasporto", mediante chiavi simmetriche o asimmetriche (pubbliche). L'autorizzazione della comunicazione è basata sull'identità dei nodi e uno schema di relazioni tra essi definito all'interno della rete.

Altre caratteristiche della tecnologia ISA100.11 sono la comunicazione a lunga distanza (dai 600 m ai 1500 m con antenna 6DBi - non approvata in EC), la customizzazione delle reti che porta dei vantaggi in termini di risparmio energetico , sviluppo delle applicazioni di controllo anche critiche, ridondanza sensori definita, definizione delle velocità di comunicazione che può arrivare a 0,5 secondi.
L'ISA100.11 è ad oggi l'unica tecnologia che copre anche le applicazioni SAFETY SIL (esistono già in commercio sensori ISA100.11 certificati SIL2).
Tutti i prodotti ISA100.11 vengono testati e certificati dal consorzio ISA100WCI (http://www.isa100wci.org/) che supporta i produttori e gli end user.

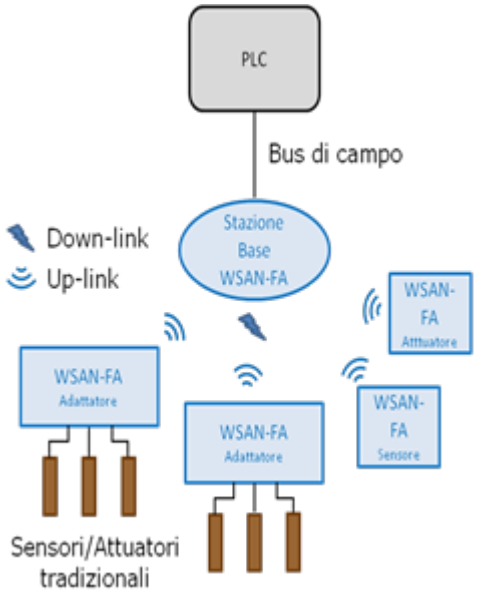



### 2.4.3 Wisa

I vantaggi derivanti dall'uso delle tecnologie wireless nel mondo dell'automazione industriale sono evidenti; oltre alla riduzione dei costi derivante da un'installazione più semplice, si riducono anche i potenziali malfunzionamenti causati da una cablatura non corretta. In aggiunta, nuove possibilità sono offerte dalla elevata scalabilità e dalla mobilità dei dispositivi. Ciò nonostante, perché possa effettivamente essere usata anche nell'automazione di fabbrica, la comunicazione wireless deve soddisfare gli stringenti requisiti temporali che questo tipo di applicazioni richiedono. Come è ben noto, non esiste una soluzione wireless adatta ad ogni tipo di scambio dati e nessuno degli standard dell'Information Technology - soddisfa questo tipo di specifiche, in particolare per quanto riguarda parametri come la latenza rispetto al data rate, l'affidabilità e la densità dei nodi rispetto all'area coperta. Per questo motivo, all'interno del consorzio Profibus International si è operata una netta distinzione tra quelle che sono le soluzioni per le reti di sensori e attuatori destinate al controllo di processo, che vedono l'impiego del WirellessHART, e quelle destinate all'automazione di fabbrica, designate con l'acronimo WSAN-FA (Wireless Sensor and Actuator Network for Factory Automation).

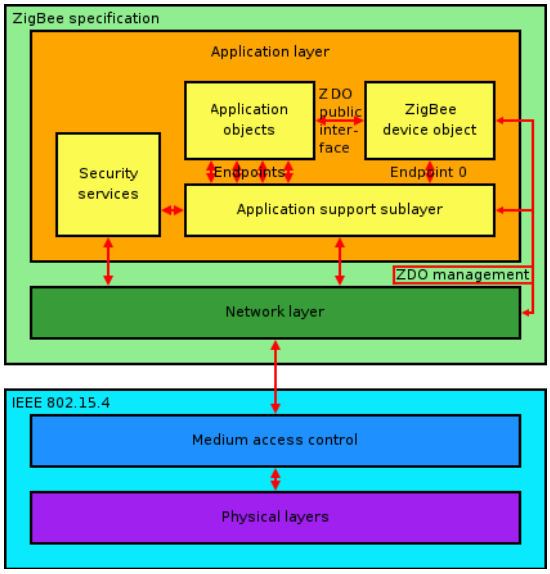
L'architettura alla base di ogni rete WSAN-FA è una rete cellulare con una topologia a stella; questa scelta è giustificata dalle dimensioni tipiche di una cella di lavorazione. L'accesso al mezzo avviene grazie ad un meccanismo a divisione di tempo e un uso efficiente e diversificato nel tempo dei canali a radio frequenza disponibili (grazie al channel hopping e blacklisting) ne aumenta l'immunità ai disturbi e ne garantisce la coesistenza con altre reti eventualmente presenti. Le radio operano nella banda libera ISM @ 2.4GHz e condividono lo stesso livello fisico di Bluetooth, ovvero un transfer rare grezzo di 1Mbps e una modulazione GFSK con un canale di 1MHz. La

potenza di trasmissione nominale è di 0dBm (1mw) per garantire un'elevata autonomia dei sistemi alimentati a batteria. I rimanenti livelli dello stack protocollare sono comunque totalmente differenti rispetto agli omologhi di Bluetooth; sono infatti ottenibili tempi di ciclo nell'ordine dei 2 ms con più di 100 nodi presenti. Tali prestazioni sono possibili grazie alla necessità di trasferire piccole quantità di dati per ogni transazione (non più di 10 byte, più spesso un solo byte per sensori semplici come un interruttore di prossimità), a differenza delle applicazioni del mondo IT, orientate al trasferimento di blocchi dati decisamente più grandi. In ogni cella sono poi attivi contemporaneamente un unico canale di down-link, dalla stazione base verso i nodi, e ben quattro canali di up-link, dai nodi verso la stazione base. Inoltre, la costante sincronizzazione dei nodi con la stazione base evita la necessità di lunghe procedure per la creazione della connessione. Per ottimizzare i consumi, la comunicazione avviene normalmente su evento, ovvero i canali di up-link sono utilizzati solo in caso di effettiva necessità. Un meccanismo di acknowledgement e di eventuale riprova automatica consente di incrementare l'affidabilità della rete.  La figura seguente mostra un tipico esempio di architettura di una rete WSAN-FA.



### 2.4.4 ZigBee

ZigBee specifica una serie di protocolli di comunicazione ad alto livello, utilizzati da dispositivi radio di bassa potenza e con modulazione digitale, realizzati sullo standard IEEE 802.15.4 - 2003, Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPAN). L'obiettivo di questa tecnologia si basa sulla sua economicità e sulla sua semplicità di utilizzo.




I protocolli ZigBee con i vari profili di utilizzo sono progettati per l'uso in applicazioni embedded che richiedano un basso transfer rate e bassi consumi. L'obiettivo attuale di ZigBee è di definire una Wireless mesh network non mirata, economica e autogestita che possa essere utilizzata per scopi quali il controllo industriale, le reti di sensori, la domotica, le telecomunicazioni. La rete risultante avrà un consumo energetico talmente basso da poter funzionare per uno o due anni sfruttando la batteria incorporata nei singoli nodi.
I principali profili specificati nello standard ZigBee sviluppati, o in via di definizione, sono già presenti in diversi settori di mercato, tra cui nel Building Automation, Health Care, Home Automation, Input Device, Remote Control, Retail Services, Smart Energy, Telecom Services. Questi profili di utilizzo standardizzati danno la possibilità ai costruttori di prodotti una via semplice e rapida per risolvere problematiche in molti settori di mercato. I punti di forza dei prodotti Zigbee stanno nella facilità di installazione e nel basso consumo che permette l'utilizzo di fonti autonome di energia o di batterie per anni.

Ci sono tre differenti tipi di dispositivi ZigBee:

- ZigBee Coordinator (ZC): è il dispositivo più "intelligente" tra quelli disponibili, costituisce la radice di una rete ZigBee e può operare da gateway tra più reti. Ogni rete può avere solo un (ZC) Coordinator. Esso è inoltre in grado di memorizzare informazioni riguardo alla sua rete e può agire come generatore e deposito delle chiavi di sicurezza.
- ZigBee Router (ZR): questi dispositivi agiscono come instradatori intermedi passando i dati da e verso altri dispositivi.
- ZigBee End Device (ZED): includono solo le funzionalità minime per dialogare con il suo nodo parente (Coordinator o Router), non possono trasmettere dati provenienti da altri dispositivi; sono i nodi che normalmente ospitano l'applicazione finale.

I protocolli sono basati su di una recente ricerca nel campo degli algoritmi di routing (Ad-hoc On-demand Distance

Vector) che puntano a costruire delle reti ad-hoc di nodi a bassa velocità. Nelle reti più grandi la rete reale sarà formata da cluster di cluster, ma si potranno anche formare reti Mesh o cluster singoli. I profili correnti derivati dai protocolli ZigBee supportano sia reti "beacon enabled" dove i nodi detti ZigBee Router trasmettono periodicamente dei beacon per confermare la loro presenza agli altri nodi, che reti "non-beacon enabled" dove viene utilizzato un meccanismo di accesso al canale di tipo CSMA/CA e gli ZigBee Router tengono i loro ricevitori sempre attivi.

I dispositivi ZigBee devono rispettare le norme dello standard IEEE 802.15.4-2003 Low-Rate Wireless Personal Area Network (LR-WPAN). Esso specifica il protocollo di livello fisico (PHY), e la parte del livello data link del Medium Access Control (MAC). Questo standard opera nella banda ISM non licenziata 2,4 GHz, 915 MHz e 868 MHz. Nella banda 2,4 GHz ci sono 16 canali ZigBee, da 5 MHz ciascuno. I trasmettitori radio usano una codifica DSSS. Si usa una modulazione BPSK nelle bande 868 e 915 MHz e una QPSK con offset (O-QPSK) che trasmette 4 bit per simbolo nella banda 2,4 GHz. Il data rate over-the-air è di 250 kb/s per canale nella banda 2,4 GHz, 40 kb/s per canale nella banda 915 MHz e 20 kb/s nella banda 868 MHz. La modalità di base di accesso al canale specificato da IEEE 802.15.4-2003 è il Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance (CSMA/CA). Questo significa che i nodi, controllano se il canale è libero, quando devono trasmettere.

Grazie all'efficienza della tipologia di modulazione e nella facilita di utilizzo di parte del protocollo, lo standard IEEE 802.15.4 a livello fisico (PHY), e nella parte del livello data link del Medium Access Control (MAC), viene utilizzato sempre più spesso in molte applicazioni non standard, con specifiche funzionalità wireless, anche in real-time.

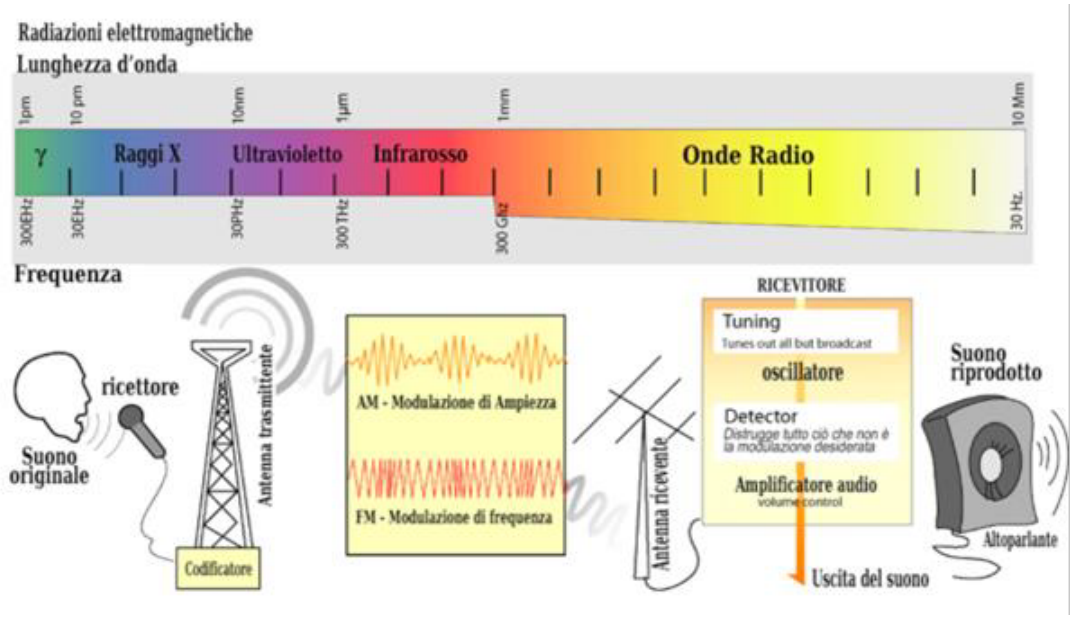
### 2.4.5 Tecnologia Radio

La radio è la tecnologia elettronica che utilizza le onde elettromagnetiche, la cui frequenza è al di sotto di quella della luce visibile, per le telecomunicazioni o alcuni altri scopi come la localizzazione di oggetti.
Le onde elettromagnetiche utilizzate per la radio sono chiamate onde radio.
L'apparecchio elettronico che permette di trasmettere e/o ricevere onde radio, è chiamato radio. In particolare, se è in grado solo di trasmettere è chiamato radiotrasmettitore o radiotrasmittente; se è in grado solo di ricevere è chiamato radioricevitore, o radioricevente; se è in grado sia di ricevere che di trasmettere è chiamato ricetrasmettitore o ricetrasmittente.
Per poter coprire la distanza tra le varie radio trasmittente e la radio ricevente, è necessario usare antenne apposite che vengono scelte in base a caratteristiche definite quali distanza fra i punti, topologia del terreno, etc.
La lunghezza e la forma delle antenne (trasmittenti e riceventi) sono proporzionali alla lunghezza d'onda della frequenza usata.
Nelle comunicazioni professionali che sono quelle più vicine all'ambito applicativo Automazione, il dimensionamento delle antenne ed il loro posizionamento è particolarmente curato, in quanto queste sono spesso il fattore fondamentale per la buona messa in opera dell'infrastruttura Radio stessa; mentre nelle comunicazioni broadcast, di tipo amatoriale generalmente l'antenna trasmittente emette una grande potenza, in questo modo si prescinde dalle antenne delle radio riceventi.
Per poter trasmettere informazioni da una trasmittente ad una ricevente, è necessario definire una frequenza ed una modulazione.

#### Le onde radio

Le onde radio sono una forma di radiazione elettromagnetica, creata grazie ad un elemento carico (nella classica trasmissione radio si tratta di un elettrone) accelerato con una frequenza legata alla porzione di radio frequenza (RF) dello spettro elettromagnetico. Nella radio, questa accelerazione è causata da una corrente alternata in un'antenna. Le frequenze radio vanno da poche decine di hertz ad alcune centinaia di gigahertz.

| Spettro elettromagnetico radio | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ELF | SLF | ULF/VF | VLF | LF/LW | MW | HF/SW | VHF | UHF | SHF/MW | EHF |




Le applicazioni radio possono essere effettuate sia in frequenze libere che proprietarie attenendosi alla legislazione nazionale vigente, e nelle applicazioni in ambito industriale le Radio stesse effettuano anche la funzione di repeater in modo da permettere la creazione di vere e proprie infrastrutture in grado di coprire anche lunghe distanze.
L'infrastruttura Radio una volta creata è molto affidabile ed è soprattutto sotto il completo controllo di chi l'ha creata sia come diagnostica che come controllo sganciandosi dai servizi forniti in altre tecnologie wireless da provider terzi.
La parola radio è usata per descrivere le trasmissioni di televisione, radio, radar e telefoni cellulari sono tutte classificate come emissioni in radio frequenze.
L'applicazione tipica in ambito industriale è la trasmissione dati su impianti distribuiti, in un vasto territorio dove si vuole avere la garanzia di copertura indipendentemente dalla topologia che spesso e volentieri è complessa e difficile (es. Stazioni di rilancio acquedotti in alta montagna etc.), limitando al massimo i costi dell'infrastruttura e nel contempo non dipendendo da fornitori di servizio terzi o tecnologie che in certe zone non garantiscono coperture efficaci.
La possibilità di ottenere poi la criptazione del segnale ed il controllo dell'integrità del dato, utilizzando appositi strumenti (Radio con gestione SW dedicata all'interno) pone i suoi indubbi vantaggi anche in ambito di Security dell'informazione.

### 2.4.6 Tecnologie proprietarie, GPS, RF-ID Trusted Wirelss

#### Trusted Wireless

Trusted Wireless è una tecnologia proprietaria basata sul meccanismo FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), sviluppata in base a obiettivi di "immunità da interferenze e ampia copertura".
La tecnica FHSS prevede l'utilizzo di frequenze di trasmissione che mutano a intervalli regolari in maniera pseudo casuale attraverso un codice prestabilito.

Delle frequenze di invio complessivamente disponibili nella banda da 2,4 GHz, un sistema Trusted Wireless ne utilizza 63. Il cambio di frequenza di invio e pertanto la trasmissione delle grandezze di misura avviene ogni 27 ms, praticamente in tempo reale per la maggior parte delle applicazioni nella tecnologia di processo.
Le frequenze scelte e la sequenza di utilizzo sono uniche per ogni sistema Trusted Wireless: è quindi possibile utilizzare fino a qualche centinaio di sistemi nella stessa applicazione, anche a breve distanza l'uno dall'altro.
La soluzione Trusted Wireless consente una trasmissione affidabile di segnali a distanze medio lunghe, da poche centinaia di metri fino a qualche chilometro (con opportune antenne).
Il sistema garantisce un'elevata immunità da disturbi e offre i vantaggi della comunicazione wireless senza licenza nella banda da 2,4 GHz.
I sistemi che utilizzano la tecnologia Trusted Wireless possono essere messi in servizio senza programmazione né parametrizzazione riducendo e facilitando così le operazioni di messa in servizio dei dispositivi.
La tecnologia Trusted Wireless supporta la trasmissione monodirezionale e bidirezionale di segnali analogici 4-20 mA, digitali e seriali.

**Rapid Roaming**

Gli standard Industrial WLAN IEEE 802.11 (bande di frequenze 2,4 e 5 GHz) con tecnologia Rapid Roaming (RR), si basano sull'utilizzo del protocollo iPCF "industrial Point Coordination Function" (tecnologia proprietaria Siemens AG).
Grazie all'utilizzo di dispositivi Rapid Roaming, è possibile gestire il meccanismo di roaming per moduli client wireless che si muovono attraverso più access point, con tempi stabili ed attendibili, inferiori a 50ms.
L'access point Rapid Roaming gestisce il traffico real time con alta priorità, rispettando gli slot temporali previsti per lo scambio dati ciclico delle periferiche IO, grazie alla funzionalità CSMA/CA con "Collision Avoidance", evitando collisioni e quindi ritardi nello scambio dei pacchetti dati I/O.
I moduli client wireless che si agganciano alla rete dell'access point, non sono più liberi di trasmettere in qualsiasi istante temporale, come avviene nella rete ethernet standard (CSMA/CD con "Collision Detection").
L'access point gestisce la comunicazione con i client in slot temporali impostabili dall'utente, sulla base del tempo ciclo di comunicazione delle periferiche I/O.
Il meccanismo iPCF consente di garantire tempi di comunicazione deterministici, obiettivo di primaria importanza nella gestione di una rete real time, mantenendo un data rate sufficiente per lo scambio dati con tutte le periferie.

**GPS**

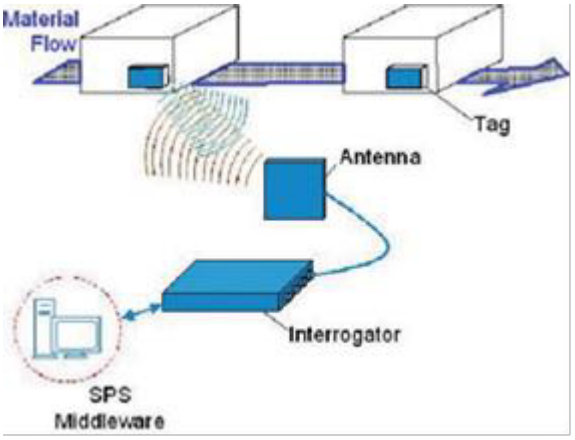
Il Global Positioning System è un sistema di posizionamento terrestre particolarmente preciso creato dal Ministero della Difesa Americano per fini militari ed in seguito utilizzato anche per scopi civili.
Il principio di funzionamento si basa su un metodo di posizionamento sferico, che consiste nel misurare il tempo impiegato da un segnale radio a percorrere la distanza satellite-ricevitore.
Poiché il ricevitore non conosce quando è partito il segnale dal satellite, per il calcolo della differenza dei tempi il segnale inviato dal satellite è di tipo orario, grazie all'orologio presente sul satellite; il ricevitore calcola l'esatta distanza di propagazione dal satellite a partire dalla differenza (dell'ordine dei microsecondi) tra l'orario pervenuto e quello del proprio orologio perfettamente sincronizzato con quello a bordo del satellite.
Conoscendo il tempo impiegato dal segnale per giungere al ricevitore e l'esatta posizione di almeno 3 satelliti per avere una posizione 2D (bidimensionale), e 4 per avere una posizione 3D (tridimensionale), è possibile determinare la posizione nello spazio del ricevitore stesso. Tale procedimento, chiamato trilaterazione, utilizza solo informazioni di distanza ed è simile alla triangolazione, dal quale tuttavia si differenzia per il fatto di fare a meno di informazioni riguardanti gli angoli.
La precisione può essere ulteriormente incrementata grazie all'uso di sistemi come il WAAS (statunitense) o l'EGNOS (europeo), perfettamente compatibili tra di loro.
Questi sistemi consistono in uno o due satelliti geostazionari che inviano dei segnali di correzione. La modalità Differential-GPS (DGPS) utilizza un collegamento radio per ricevere dati DGPS da una stazione di terra ed ottenere un errore sulla posizione di un paio di metri. La modalità DGPS-IP sfrutta, anziché onde radio, la rete Internet per l'invio di informazioni di correzione.

Esistono in commercio ricevitori GPS ("esterni"), interfacciabili mediante porta USB o connessioni senza fili come il Bluetooth, che consentono di realizzare navigatori GPS su vari dispositivi: palmari,PC,computer portatilie, se dotati di sufficiente memoria,anche telefoni cellulari. Per la navigazione esistono software appositi, proprietari o open source che utilizzano una cartografia, che può essere anch'essa pubblica o proprietaria.

**RF-ID**

Generalmente per RFId si intende la tecnologia di identificazione automatica in radiofrequenza di oggetti, animali o persone tramite la lettura a distanza di informazioni contenute in un sistema microchip-antenna chiamato trasponder oppure più comunemente tag.
Un qualsiasi sistema RFId vede la presenza di due componenti fondamentali:

- un transponder che contiene, in una scheda di memoria, le informazioni relative all'oggetto da identificare su cui esso è situato;
- un lettore, o reader, che interroga e riceve le informazioni in risposta dal tag e può confrontarle con quelle contenute in una banca dati a cui è connesso in rete.




Il tipo di trasmissione dei dati tra lettore e transponder differisce a seconda delle caratteristiche del tag impiegato e si distingue in due tipologie di trasmissione: tramite accoppiamento elettromagnetico oppure induttivo.
Per quanto riguarda la catalogazione in base alla frequenza d'impiego, si definiscono quattro differenti famiglie:

- LF 120 - 145 KHz
- HF 13,56 MHz
- UHF 860 - 950 MHz
- Microonde 2,4 - 5,8 GHz

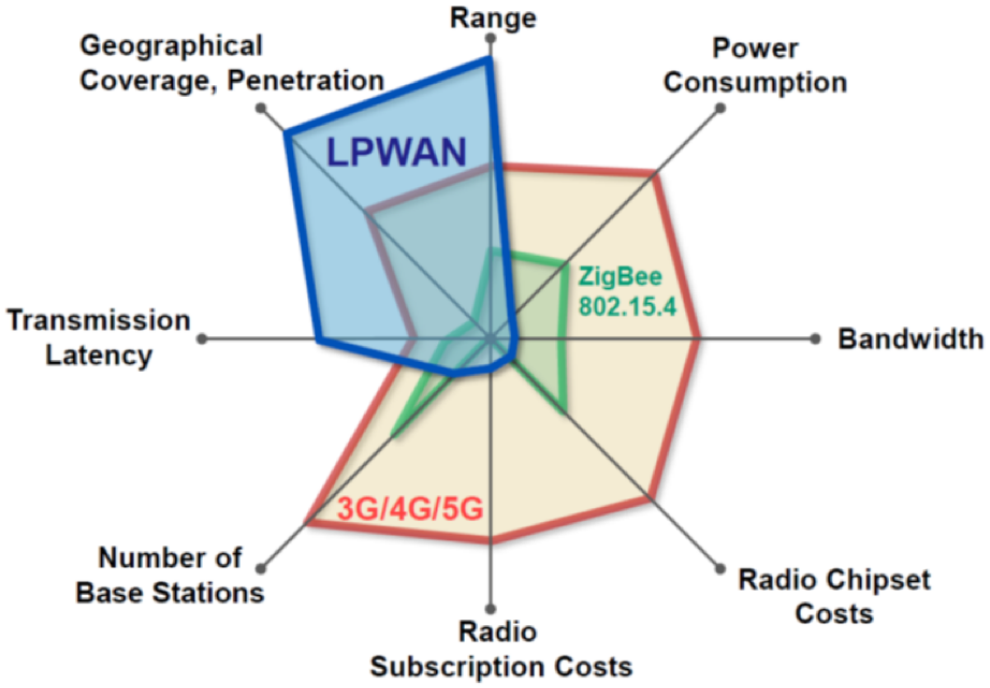
In ambito industriale, la necessità di realizzare macchine e linee di assemblaggio automatiche, articolate e flessibili, con elevati volumi produttivi, lotti sempre più piccoli ed un altrettanto elevato standard qualitativo, ha indirizzato i costruttori di tecnologie automatizzate specializzate nella movimentazione, handling, lavorazione o montaggio, verso l'utilizzo di sistemi di identificazione a radio frequenza. La peculiarità di questa tecnologia consiste nel fatto che i dati importanti seguono, senza deteriorarsi, un prodotto o un oggetto dall'inizio alla fine del processo produttivo, queste informazioni, sotto forma di una memoria dati mobile, possono essere liberamente lette o scritte e quindi aggiornate lungo tutto il percorso automatizzato. Tutti i dati relativi alla produzione, alla qualità, da pochi byte fino a parecchie decine di kbyte, sono sempre disponibili immediatamente proprio dove servono: sul supporto del prodotto o sul prodotto stesso. Gli evidenti vantaggi offerti rispetto ad altre modalità di identificazione, quali codificatori meccanici o codici a barre, hanno determinato il successo di questi sistemi:

- identificazioni completamente automatiche, rapide e sicure al 100%;
- resistono alle variazioni di temperatura e funzionano anche se imbrattate con olio, polvere o acqua;
- possono essere riutilizzate in qualsiasi momento tutti i dati relativi alla produzione accessibili in tempo reale e sul prodotto stesso;
- possiedono una durata pressoché illimitata e nella versione FRAM sono esenti da manutenzione.

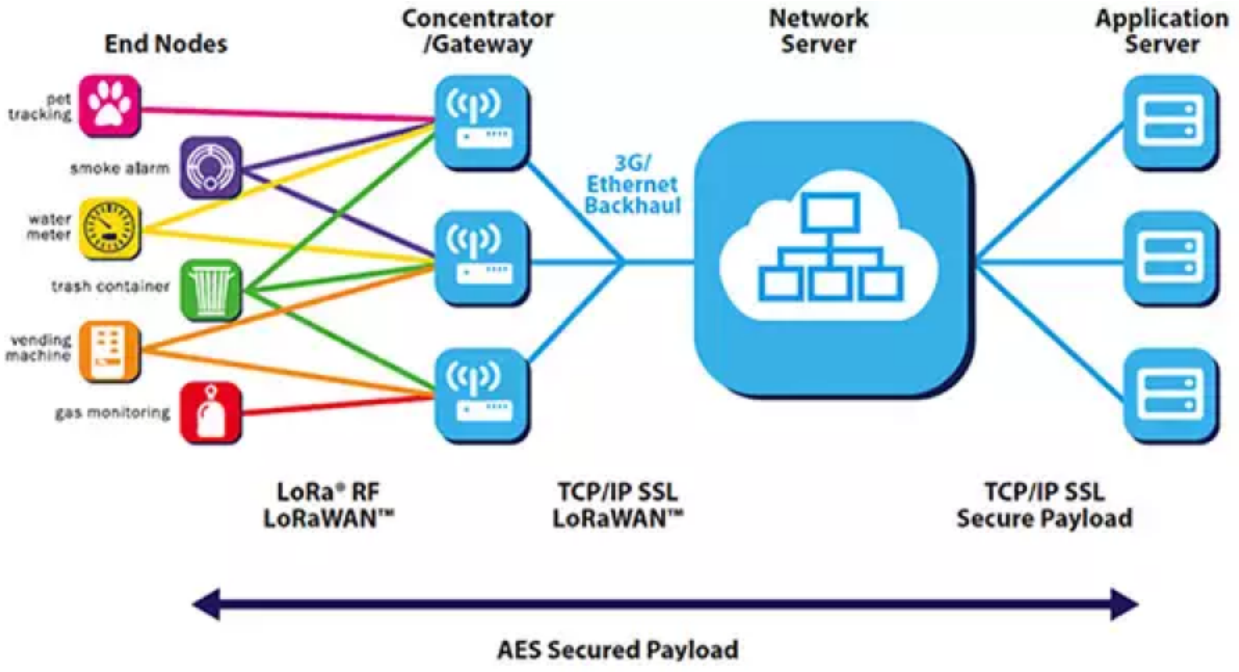
Lo scambio dei dati tra tag e la reader avviene in modo completamente automatico e soprattutto, senza "contatto visivo", via RF (radiofrequenza). Questo modo di trasferire dati non teme la presenza di sporco o l'interposizione di materiali non metallici.
Considerevoli vantaggi si ottengono nelle linee di assemblaggio o macchine automatiche dove la presenza simultanea di numerosi pallet/prodotti comporta la necessità di operare contemporaneamente su diversi fronti, pertanto diviene fondamentale avere disponibili e decentrate sul porta pezzo tutte le informazioni necessarie, siano esse dati di lavorazione, di test, di qualità o altro. Così facendo si riduce il traffico sulle reti di comunicazione e nel contempo, il software applicativo risulta più snello e veloce.

### 2.4.7 La tecnologia LoRa® per le LPWAN

La tecnologia LoRa® (acronimo di Long Range) e quella SIGFOX sono le due tecnologie wireless che si stanno maggiormente diffondendo sul mercato e che sono state progettate e sviluppate con l'obiettivo di rispondere alla necessità di interoperabilità tra dispositivi nelle LPWAN (Low power wide area). Queste tecnologie trovano spazio applicativo negli ambiti Industrial IoT e delle Smart City perché garantiscono il monitoraggio dei dati all'interno di aree geografiche ad ampio raggio con un alto livello di penetrazione e copertura del segnale, ma anche con un basso impatto in termini di consumo energetico e costi.
Uno dei motivi della loro diffusione risiede nella possibilità di utilizzare la banda libera tra 915 in Nord America e 868 mHz in Europa (433 mHz nel resto del mondo) raggiungendo mediamente distanze di 15-20 km in funzione dell'ambiente applicativo.
Caratteristica questa che differisce rispetto ad altre tecnologie che utilizzano la trasmissione licenziata via radio che sfrutta la rete LTE 4G e 5G degli operatori telefonici.



In particolare le tecnologie LoRa® e LoRaWAN™ su banda ISM, permettono di scambiare dati composti da al massimo poche centinaia di bit e con un basso bit rate. E' da sottolineare che In questo tipo di applicazioni i dati monitorati non sono necessariamente real time ma scambiati su variazione della grandezza monitorata.
LoRa® identifica la specifica del protocollo di scambio dati a livello di strato fisico. Questo si fonda su una tecnologia di divisione di spettro, chiamata Chirp Spread Spectrum, in grado di codificare i dati su un segnale sinusoidale modulato in frequenza a banda larga (che può arrivare a 125 kHz in Europa) che aumenta o diminuisce nel tempo. Ciò permette di integrare un numero alto di dispositivi, a specifica fino a 1 milione di nodi, di sensori e attuatori con basso consumo energetico.
LoRaWAN™ definisce il livello di controllo accessi, il protocollo di comunicazione e l'architettura di rete.
Le architetture di rete LoRaWAN™ hanno una topologia che deriva i dispositivi che ne fanno parte a stella, in cui ciascun nodo finale (End node) acquisisce il dato dal sensore a cui e collegato. Il dato acquisito può essere comunicato a più Gateway che a loro volta comunicano con il server di rete (Network server).
Il Gateway è un bridge trasparente che trasporta i dati tra nodo finale e il Network Server in maniera bidirezionale.
I Gateway sono connessi al Network server tramite una connessione basata sullo standard TCP/IP (cablato o wireless) protetto da cifratura, mentre i nodi finali utilizzando una comunicazione wireless single-hop verso uno o più Gateway. Il Network Server definisce quale Gateway deve instradare il messaggio verso il nodo finale adattandone anche la velocità di scambio. La messaggistica può anche essere di tipo multicast per gestire ad esempio in tempi ridotti, l'aggiornamento o la distribuzione massiva di messaggi.
Ultimo elemento della rete è Il server delle applicazioni (Application Server) che raccoglie e analizza i dati dai nodi finali e determina le azioni dello stesso.




Altro elemento determinante della specifica LoRa, sta nella possibilità di scelta del tipo di nodo finale utilizzato. La specifica divide i dispositivi in tre classi (A,B,C) che differiscono sostanzialmente in funzione della finestra temporale in cui permettono la trasmissione o la ricezione del dato da e verso il server. Questa differenziazione permette di poter scegliere il giusto dispositivo per la giusta necessità applicativa in funzione della frequenza di scambio dati, con il minor impatto in termini di consumo.

Per ciò che riguarda la protezione del dato e dello scambio, il flusso dei dati da un dispositivo finale LoRa all'applicazione include la cifratura e la decrittazione all'inizio e alla fine della catena, in modo che solo il sensore del nodo finale e l'applicazione abbiano accesso ai dati in testo semplice.
Il protocollo LoRaWAN open source (Eclipse Public License) per lo sviluppo del nodo finale conosciuto come "LoRaWAN in C" è aperto e il suo utilizzo è libero per chi rispetta le specifiche del protocollo e si unisce alla LoRa Alliance.
LoRa Alliance™ è una organizzazione senza scopo di lucro composto da circa 400 membri focalizzati sulla standardizzazione delle reti LoRa® per l'Internet of Things. La tecnologia LoRa è stata brevettata dalla Semtech Corporation e promossa da IBM Research come uno dei modelli abilitanti il flusso di informazioni necessarie a migliorare l'aspetto decisionale dei processi produttivi ma anche aspetti di mobilità e gestione delle infrastrutture delle future smart city.
Per maggiori informazioni, risorse disponibili sono disponibili su sito www.lora-alliance.org oppure su www.thethingsnetwork.org

# 3. Safety e Security nelle applicazioni Wireless

## 3.1 Sicurezza uomo, sicurezza degli impianti

In lingua italiana si parla di "Sicurezza" per intendere due diversi aspetti, comunque legati tra loro, che vengono identificati con i termini inglesi "Security" (sicurezza o protezione dei dati e della rete) e "Safety" (sicurezza funzionale).

Un aspetto di fondamentale importanza nell'utilizzo di reti wireless è legato alla sicurezza dati. Esattamente come accade nel caso di reti cablate, anche quando si utilizzano tecnologie wireless per la trasmissione dati è necessario prevedere una protezione contro accessi non autorizzati. A maggior ragione, a differenza delle trasmissione via cavo le onde elettromagnetiche potrebbero essere ricevute da dispositivi non autorizzati. I dispositivi Industrial wireless per la realizzazione di applicazioni di automazione industriale, devono quindi disporre di un insieme di funzioni completo per garantire sia la Sicurezza ("Security") della rete senza fili che l'affidabilità della stessa.

In primo luogo per prodotti con una pagina Web di configurazione è importante la possibilità di accedere alle pagine web stesse con protocollo "https" protetto da password, garantendo così un accesso sicuro per la configurazione e la manutenzione dei dispositivi. In alternativa, può essere richiesta una password al fine di potere modificare i parametri di configurazione dei dispositivi.

Al di là delle classiche regole di buon senso, ci sono poi meccanismi di security specifici che dipendono dal tipo di tecnologia utilizzato e dagli standard di riferimento.

Per l'utilizzo delle interfacce radio nei trasmettitori access point WLAN, è consigliabile scegliere l'opzione "Closed Wireless System". In questo modo si disabilita la trasmissione in rete del parametro SSID "Service Set Identifier Address" (stringa che identifica il nome della rete wireless); dispositivi client wireless esterni alla rete industriale non si possono collegare all'access point se non hanno preimpostato la chiave SSID corretta. E' inoltre importante impostare l'utilizzo di stringhe di sicurezza per il protocollo di diagnostica e gestione di rete SNMP, oltre ad impostare chiavi per la crittografia dati per la comunicazione sulle interfacce radio. Nelle reti WLAN sono possibili diversi livelli di crittografia ed autenticazione: Shared key WEP/AES, WPA2-PSK, WPA RADIUS server. Infine è possibile scegliere una lista di indirizzi MAC address per client wireless con diversi diritti di accesso alla rete WLAN, oltre a limitare il numero di indirizzi IP con diritti di gestione del dispositivo. Con autenticazione Shared Key, una chiave fissa è memorizzata sui client e gli access point. Questa chiave è poi utilizzata per l'autenticazione e la crittografia. In questo caso sarà necessario memorizzare una chiave di tipo WEP (Wired Equivalent Privacy) o AES (Advanced Encryption Standard). WEP è un metodo debole di crittografia simmetrica con un solo flusso chiavi di lunghezza 40 o 104-bit, basato sull'algoritmo RC4 (Ron's Code 4); AES è un forte metodo di cifratura simmetrica

a blocchi basato sull'algoritmo Rijndael. WPA2-PSK è basato sullo standard WPA2, con autenticazione WPA. Una chiave (pass phrase) viene memorizzata su ogni client ed access point, la stessa chiave è poi utilizzata per l'autenticazione e la ulteriore crittografia. AES rappresenta il metodo standard di crittografia. La crittografia WPA "Wi-Fi Protected Access" è un metodo specificato dalla alleanza Wi-Fi per chiudere le lacune di sicurezza nella modalità WEP. E' prevista l'autenticazione utilizzando un server (standard 802.1x). Lo scambio dinamico di chiavi in ciascun frame introduce un'ulteriore sicurezza. Anche se WPA non è mai stato ufficialmente parte della famiglia di standard IEEE 802.11, è diventato molto diffuso in un tempo breve. WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) è un ulteriore sviluppo di WPA e implementa le funzioni dello standard di sicurezza IEEE 802.11i. WPA2 utilizza il protocollo di crittografia supplementare CCMP con l'autenticazione preliminare che consente il roaming veloce in reti ad hoc. Un client può accedere in anticipo su vari access point in modo che la normale fase di autenticazione può essere omessa. Un server RADIUS viene utilizzato per autenticare il client con un access point. Il client accede su di un server RADIUS basato su un certificato (EAP-TLS) o una combinazione di nome utente e password (EAP-PEAP o EAP-TTLS /metodo di autenticazione interno MSCHAPv2). Come opzione, il server RADIUS si identifica quindi al client utilizzando un certificato. A seguito dell'autenticazione corretta, il client e il server RADIUS generano il materiale della chiave che viene utilizzata per la crittografia dei dati. AES rappresenta il metodo standard utilizzato per la crittografia. WPA2-PSK è una forma indebolita di sicurezza rispetto a WPA2, ma di più facile utilizzo. In questo metodo l'autenticazione non è stabilita da una server, ma si basa su una password. La password deve essere configurata manualmente sul client e sul server.

Bluetooth è una tecnologia di comunicazione wireless che garantisce un elevato livello di sicurezza, grazie all'utilizzo di diversi meccanismi: dall'autenticazione dei dispositivi alla crittografia a 128 bit dei telegrammi di trasmissione fino alla possibilità di "nascondere" i dispositivi in modo da non renderli visibili ad altri elementi che non si vuole possano mettersi in comunicazione.
La fase di accoppiamento dei dispositivi Bluetooth è definita pairing. Nella fase dipairing, i dispositivi Bluetooth calcolano una chiave di inizializzazione protetta da una passkey (PIN). Nel passo successivo viene calcolata la chiave di combinazione, che viene protetta utilizzando la chiave di inizializzazione. Dopo di che, viene eseguita la procedura di autenticazione.
Una volta effettuato l'accoppiamento, i dispositivi possono comunicare tra loro all'interno della rete (piconet) e non sono visibili ad altri dispositivi.
Non bisogna poi trascurare il fatto che il Bluetooth può regolare automaticamente la potenza trasmissiva in base alle necessità. Alcuni dispositivi consentono inoltre di impostare un livello di potenza tale da consentire un collegamento soltanto a dispositivi situati nelle immediate vicinanze. Entrambi sono ulteriori meccanismi di sicurezza, impedendo a dispositivi non nel raggio d'azione di collegarsi alla rete Bluetooth.

Passiamo ora all'altro aspetto della sicurezza, quello cioè della sicurezza funzionale.
E' possibile realizzare applicazioni per la sicurezza uomo e la sicurezza degli impianti ("Safety") utilizzando una trasmissione wireless?
Sì, il funzionamento in sicurezza di un sistema d'automazione è garantito anche su rete wireless. La logica del funzionamento in sicurezza dell'impianto si basa sull'utilizzo di un profilo di sicurezza che si poggia sopra al protocollo base del fieldbus, con componenti d'automazione "fail-safe" (functional safety), certificati dall'ente internazionale TUV secondo la Direttiva Macchine.

La possibilità di integrare a livello di bus di campo sia i segnali provenienti dagli I/O utilizzati per controllare il processo che i segnali per gestire la sicurezza della macchina offre innumerevoli vantaggi dal punto di vista sia ingegneristico che impiantistico. Per tale motivo, diversi fieldbus presenti sul mercato hanno recentemente sviluppato un profilo applicativo in grado di gestire questi aspetti. Dal punto di vista pratico, i profili applicativi per le applicazioni di sicurezza, si basano sull'introduzione nel protocollo di comunicazione di un piccolo strato che si poggia sopra al protocollo base del fieldbus. All'interno di questo strato aggiuntivo vengono effettuati una serie di controlli necessari per garantire la presenza o meno di un nodo e la correttezza e l'integrità dei messaggi trasmessi. Il concetto di fondo è quello della scatola nera (o Black-box all'inglese), secondo il quale non interessa cosa ci sia in mezzo tra chi trasmette il valore proveniente da un sensore e chi lo recepisce ma interessa che vi sia la garanzia di sicurezza nella trasmissione del dato.

Grazie a questo tipo di approccio con profilo applicativo Safety che si poggia sopra al protocollo base del fieldbus, è possibile realizzare applicazione fail-safe anche con I/O collegati via wireless. Infatti il concetto di Black-box utilizzato dal profilo Safety, rende la gestione della sicurezza funzionale svincolata dal mezzo trasmissivo, sia esso un cavo in rame, una fibra ottica o un collegamento wireless.
L'applicazione d'automazione è sempre in condizioni di sicurezza funzionale; anche qualora la rete wireless non dovesse essere sufficientemente stabile da garantire un adeguato tempo di comunicazione tra i dispositivi fail-safe, sono gli stessi moduli PLC ed I/O a rilevare un'anomalia di comunicazione ed a portare il sistema d'automazione in uno stato di sicurezza. Naturalmente l'obiettivo fondamentale sarà quello di realizzare una rete wireless opportunamente stabile affinchè il sistema possa sempre essere produttivo ed essere portato ad uno stato di sicurezza solo a causa di un'effettiva situazione di emergenza.

Grazie agli sviluppi del profilo Safety su fieldbus, possiamo dunque affermare oggi che con la tecnologia Industrial wireless (come WLAN e Bluetooth), la gestione di un sistema d'automazione fail-safe senza fili è possibile.
Infatti, sia WLAN che Bluetooth possono essere utilizzati per trasmettere anche segnali di sicurezza (Safety) utilizzando opportuni profili conformi alle norme di riferimento e sono, ad esempio, stati specificato dal Consorzio Profibus International (PI) ed adottati all'interno delle

Norme IEC come tecnologia per la trasmissione senza fili in reti Profinet.

Per quanto esposto sopra, le reti Industrial Wireless, se opportunamente configurate e gestite, possono essere a tutti gli effetti considerate sicure, sia dal punto di vista della protezione contro accessi non autorizzati (security) che dal punto di vista della sicurezza funzionale (safety).

## 3.2 La prima edizione della norma IEC 62745 per i sistemi di comando senza cavo delle macchine

Sin dalla loro comparsa nel mondo delle macchine, i sistemi di comando senza cavo (di seguito CCS per brevità) si sono presentati come alternativa alle tradizionali postazioni di comando cablate. La diffusione di questi CCS negli ultimi quindici anni è diventata sempre più pervasiva grazie alla loro caratteristica di eliminare totalmente i vincoli fisici tra macchina e operatore. Ciò significa massima libertà di movimento che, se ben sfruttata, si trasforma in sicurezza delle persone all'interno dell'ambiente lavorativo.
Contemporaneamente occorre anche ricordare che i CCS sono l'interfaccia tra l'operatore e il sistema di comando della macchina. Ciò significa che senza adeguate caratteristiche essi possono pregiudicare la sicurezza della macchina stessa.

### 3.2.1 Aspetti generali della IEC 62745

Nel 2011 l'IEC diede mandato ad un Working Group di redigere una norma che regolamentasse i sistemi di comando senza cavo: la IEC 62745 fu approvata nel gennaio 2017 e pubblicata a marzo 2017. Da allora la norma è il riferimento normativo principale nel mercato mondiale dei CCS.
La IEC 62745 è classificata come norma di tipo B, cioè tratta di dispositivi di sicurezza.

**Struttura della norma**

La IEC 62745 è una norma breve e relativamente poco complessa che la rende di facile consultazione anche per coloro che non sono specialisti dei CCS. È composta da circa 25 pagine così strutturate:

- Capitolo 1: scopo e campo di applicazione
- Capitolo 2: riferimento normativi
- Capitolo 3: definizioni

- Capitolo 4: requisiti funzionali
- Capitolo 5: test previsti per il CCS (compresi quelli una volta che è stato installato nella macchina)
- Capitolo 6: informazioni per l'uso
- Capitolo 7: marcatura.

**Scopo e campo di applicazione**

Nel campo di applicazione della norma IEC 62745 sono compresi soltanto i sistemi di comando senza cavo che prevedono la presenza di un operatore. Questi sistemi sono composti dalle stazioni di comando da cui lavora appunto l'operatore e dalle stazioni che si interfacciano con il sistema di comando della macchina. Queste stazioni si differenziano tra loro per modalità d'uso (portatili, mobili o fisse) e per tecnologia (ad esempio, radio o infrarosso).
Per questi sistemi i requisiti riguardano soltanto la loro funzionalità e la loro interfaccia e non aseptti come la progettazione e la costruzione del CCS (ad esempio, protocolli di comunicazione, banda di frequenze utilizzata e prove ambientali).

**Rapporto con la IEC 60204-1**

Normativamente è basilare sapere che i requisiti della IEC62745 devono essere applicati in aggiunta a quelli presenti nella norma IEC 60204-1 e nelle sue derivate. Il quadro normativo, infatti, è il seguente:

- i requisiti per i CCS che riguardano gli aspetti relativi alla macchina sono contenuti nella nuova revisione della norma IEC 60204-1 (essa conterrà infatti delle modifiche con specifiche richieste per i sistemi di comando senza cavo)

  i requisiti specifici esclusivamente ai CCS saranno contenuti soltanto nella norma IEC 62745.

### 3.2.2 Le principali novità introdotte dalla IEC 62745

Sono tre gli aspetti più importanti introdotti da questa nuova norma:

1. le funzioni di arresto che devono o possono essere presenti su un CCS: esse rappresentano senza dubbio una svolta storica per i CCS (vedere capitolo 3).
2. le verifiche che devono essere effettuate sui CCS: sono elencati i test previsti sia per il CCS che per il CCS installato ed interfacciato con la macchina.
3. l'elenco obbligatorio delle informazioni per l'uso e per le targhette: ciò impone al costruttore del CCS di evidenziare una serie di avvertenze e di spiegazioni legata alla peculiarità di questi prodotti radio.

### 3.2.3 STOP e l'E-STOP nei CCS dopo la pubblicazione della IEC 62745

I requisiti presenti nella IEC 62745 per le funzioni di arresto
Le novità per le funzioni d'arresto in un CCS sono notevoli ad iniziare dalla loro tipologia. Esse possono essere essere quattro:

- Control stop: può essere solo un arresto manuale, cioè attivato da un operatore. Esso inoltre può essere o non essere una funzione di sicurezza. La stessa IEC 62745 fa riferimento per la sua progettazione direttamente alla IEC 60204-1 senza aggiungere alcun requisito.
- General Safe Stop (GSS): nonostante possa sembrare un nuovo stop nel panorama normativo e applicativo, questo arresto è in realtà quello attualmente presente a bordo dei sistemi di comando senza cavo (talvolta spacciato da pulsante di emergenza). La sua peculiarità è essere sempre funzione di sicurezza.
- Emergency Stop (EMS): questa funzione di stop è la novità assoluta per i CCS. Un E-STOP csenza cavo è accettato solo a determinate condizioni specificate nella norma, tra cui il più rilevante è che un EMS in un CCS non potrà mai essere l'unico presente sulla macchina.

- Automatic Stop (ATS): è stato definito seguendo i requisiti esistenti nella Direttiva Macchine e nelle norme attualmente in vigore. L'importante novità è che deve essere sempre una funzione di sicurezza.

**Funzioni di arresto di sicurezza**

*"The CCS shall provide an automatic stop (ATS) function and at least one safety related stop function that is initiated by a deliberate human action on a control device provided specifically for that purpose."*. Questo requisito della norma (art. 4.7) significa che:

1. le funzioni di arresto presenti in un CCS devono essere almeno due: un arresto automatico e un arresto manuale di un attuatore dedicato specificatamente a questa funzione.
2. entrambe queste funzioni d'arresto devono essere funzioni di sicurezza (safety-releated).

È facile capire immediatamente quanto stringenti siano questi requisiti nell'ambito della sicurezza funzionale, soprattutto considerato che la norma fissa anche il livello di integrità alla sicurezza da raggiungere per queste funzioni (almeno pari a SIL1/PLc).

### 3.2.4 Presente e futuro della norma

Come detto, la norma IEC62745 è stata approvata e pubblicata a livello IEC: essa ha pertanto valore mondiale e deve essere presa di riferimento. A livello europeo, questa norma verrà armonizzata rispetto la Direttive Macchine e la Direttiva Bassa Tensione (e non rispetto la Direttiva RED, cioè la Direttiva per gli apparati radio).
L'ultima osservazione da fare è di carattere generale: servirà tempo. È normale infatti che, quando viene redatta una nuova norma, essa soffra inevitabilmente di qualche mancanza e/o di qualche errore. Pertanto, sarà necessario un periodo iniziale per capirla ed per migliorarla (un lavoro di un gruppo di mantenimento verrà sicuramente creato a livello IEC) grazie ai rientri concreti del mercato.

# 4. Le norme e la legislazione di riferimento

## 4.1 Normativa nazionale e internazionale

La normativa per le reti di comunicazione per l'automazione industriale è definita in ambito internazionale dal sottocomitato 65C "*Industrial networks*" dell'International Electrotechnical Commission (IEC; *www.iec.ch*).
Vengono stabiliti sia i requisiti generali per le reti di comunicazione via filo e wireless, sia le specifiche norme delle reti per l'automazione di fabbrica e quelle per il controllo di processo.
Particolare attenzione è posta nella definizione di regole di gestione dei sistemi di comunicazione wireless che permettano che i vari sistemi di comunicazione wireless installati in uno stesso impianto industriale possano coesistere senza che si disturbino a vicenda.
A livello europeo l'attività è svolta dal comitato tecnico 65X del CENELEC (CLC; *www.cenelec.eu*) che collabora strettamente con il comitato tecnico IEC 65 in modo che la normativa che si stabilisce a livello internazionale sia in linea con le regole e gli interessi europei. Se alla fine dei lavori, nonostante i contributi dei membri europei in IEC, ciò non risulta possibile per alcuni specifici aspetti non accettabili per il nostro mercato, è previsto che il CLC 65X produca un documento "*Common modifications*" nel quale vengono elencate le modifiche della norma che si devono applicare in Europa per tali aspetti.
A livello nazionale l'attività è svolta dal sottocomitato tecnico 65C del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI; *www.ceinorme.it*), che da un lato coordina le iniziative per le normative nazionali sul tema e dall'altro lato partecipa direttamente ai lavori di CENELEC e IEC a sostegno degli interessi nazionali.

## Le comunicazioni wireless

Da molto tempo ormai il mercato offre soluzioni di automazione industriale che impiegano le comunicazioni wireless avvalendosi dei vantaggi che esse offrono. Sulla base delle esperienze così maturate, nel 2008 IEC 65C ha avviato l'attività di due gruppi di lavoro, il WG16 "Wireless" e il WG17 "Wireless coexistence", per fissare i necessari riferimenti normativi.
Il WG16, che ha il compito di normare le reti di comunicazione wireless, ha aggiornato l'insieme delle sue norme sulla base del ritorno di esperienza fatta con la prima edizione. Così la norma IEC 62591 Ed.2.0 Industrial communication networks - Wireless communication network and communication profiles - WirelessHART™ è stata pubblicata a marzo 2016 in sostituzione dell'Ed.1 del 2010, la norma IEC 62601 Ed.2.0 Industrial communication networks - Fieldbus specifications - WIA-PA è stata pubblicata a dicembre 2015 in sostituzione dell'Ed.1 pubblicata nel 2011. A luglio 2017 è stata rilasciata la Ed.1 della norma IEC 62948 che descrive il protocollo di comunicazione WIA-FA (Wireless Networks for Industrial Automation - Factory Automation), che utilizza un livello fisico, ovvero una radio, compatibile con lo IEEE STD 802.11-2012 (lo stesso di WiFi).
Rimane confermata la Ed.1 della norma IEC 62734 Industrial communication networks – Fieldbus specifications - Wireless communication network and communication profiles – ISA 100.11a, definita in collaborazione con la Society of Automation (ISA) americana e pubblicata ad ottobre 2014.
In ambito europeo sono subito state approvate con testo identico a quello delle norme IEC le due norme EN 62591 Ed.2 e EN 62734 Ed.1.
Mentre l'Ed.1 della norma IEC 62601 non era stata recepita subito in Europa per alcune incongruenze con le norme armonizzate europee del settore, quale la EN 300328 Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive. Una volta risolte queste incongruenze a livello IEC con la seconda edizione, il CLC 65X ha dato via libera all'adozione in Europa come EN 62601 Ed.1 il testo della seconda edizione dell'IEC 62601.

## La coesistenza delle comunicazioni wireless e le esigenze dell'automazione industriale

Il WG17 continua a lavorare alacremente su due aspetti cruciali per un uso adeguato delle comunicazioni wireless nell'automazione industriale: la coesistenza wireless e la definizione delle esigenze dell'automazione industriale per l'uso delle comunicazioni wireless.
La definizione di regole di gestione della coesistenza di vari sistemi di comunicazione wireless installati in uno stesso impianto è stata avviata nel 2009, in conformità a varie esperienze industriali, e nel maggio 2015 ha portato all'aggiornamento della norma IEC 62657 - Part 2, ora disponibile nella Ed.2, Industrial communication networks – Wireless communication network and communication profiles - Coexistence management, che conferma l'impostazione iniziale e si arricchisce di alcuni elementi che ne aiutano l'applicazione.
La scelta della banda di frequenza utilizzabile per le comunicazioni wireless industriali e la normativa per l'uso delle frequenze per le applicazioni di automazione industriale sono problemi che IEC e CENELEC non possono risolvere da soli. In ogni paese l'assegnazione delle frequenze è compito delle autorità competenti, che si rifanno alle norme dettate dall'Unione Internazionale delle Telecomunicazioni (ITU) in ambito mondiale e dall'Istituto Europeo per gli Standard nelle Telecomunicazioni (ETSI) in Europa.
D'altro canto le esigenze del mondo dell'automazione industriale sono molto diverse dalle più note esigenze del mondo consumer e dell'Information Technology che finora hanno guidato la standardizzazione in questo campo.
IEC 65C nella riunione plenaria di Seoul a maggio 2011 aveva invitato il WG17 a documentare, in termini chiari anche per i non esperti di automazione, le specifiche esigenze delle comunicazioni wireless per l'automazione industriale in modo da poter creare anche al di fuori dell'ambiente IEC la consapevolezza delle problematiche da risolvere nell'interesse generale.
Il documento IEC 62657 - Part 1 nella sua Ed.1 è stato invece rilasciato a giugno 2017.
Tra gli aspetti chiariti in questo documento, ci sono i motivi per cui lo spettro di frequenza per le applicazioni di automazione industriale deve stare tra un minimo di 1,4 GHz e un massimo di 6 GHz. Il documento spiega anche la consistenza del mercato globale per queste applicazioni delle comunicazioni wireless.

Qui l'aspetto caratterizzante non è il numero di elementi trasmissivi impiegati, com'è per il mercato Consumer e l'Information Technology, ma quanto rende l'impiego di ciascun elemento trasmissivo nei vari decenni di vita di un impianto industriale.
Nel documento è sottolineato anche che i sistemi di automazione, qualunque sia la regione del mondo in cui sono costruiti, sono destinati al mercato mondiale.
È quindi indispensabile che venga assegnato uno spettro di frequenza che sia usabile in tutti i paesi, superando ostacoli dovuti alle tradizioni locali e alla scarsa conoscenza delle esigenze reali dell'automazione industriale.
Anche se è evidente che il raggiungimento dell'obiettivo di poter avere uno spettro di frequenza dedicato che sia unico su base mondiale richiede tempi lunghi (dell'ordine del decennio), è chiaro che è importante averne avviato da alcuni anni la richiesta e aver iniziato a diffondere la conoscenza delle specifiche esigenze, senza di che non si avrebbe mai la soluzione che interessa.
È attualmente in corso la stesura del documento relativo alla IEC 62657 - Part 4 (attesa per dicembre 2019), il cui scopo è definire un sistema di coordinamento centralizzato (CC) per le soluzioni di comunicazione wireless in ambito industriale che consenta di applicare la gestione della coesistenza in accordo alla norma IEC 62657-2. In particolare, saranno definite i componenti, le interfacce e le relazioni tra di esse che consentiranno ad un CC di valutare e mantenere lo stato di coesistenza. Al coexistence manager, già presente nella Part 2, si esplicita la presenza di un sistema per il sensing dell'etere (per l'individuazione di bande libere piuttosto che già occupate) e di un database di riferimento contenente informazioni relative alla configurazione dei sistemi di comunicazione e alla normative vigente in loco (in previsione ad es. di uso dei white spaces).
Nel frattempo, la soluzione che è già largamente usata anche per l'automazione industriale è basata sull'uso delle bande di frequenza ISM (Industrial, Scientific and Medical; 902 - 928 MHz; 2,4 - 2,4835 GHz; 5,725 - 5850 GHz).
Quest'uso, essendo condiviso con altri tipi di applicazioni, incontra tutta una serie di problematiche che le diverse parti della IEC 62657 mirano a descrivere e risolvere.
L'accordo sottoscritto dai delegati di tutti i comitati nazionali IEC 65C presenti a Seoul nel 2011, e riconfermato in seguito dal CLC TC65X, prevede di utilizzare i documenti IEC 62657 come elementi di riferimento per una pressione coordinata presso le autorità dei vari paesi interessati e per convincere ITU ed ETSI dell'opportunità di dare ascolto alle richieste specificate concordemente da IEC e CENELEC.
A tale riguardo in Europa, malgrado molti sforzi fatti a vari livelli, il CENELEC ha dovuto registrare difficoltà di collaborazione con ETSI su questo tema.
Tra l'altro va ricordato che ci vorrà ancora molto tempo per avere dei risultati utili dal progetto WiRIA finanziato da 13 Società dell'associazione tedesca dei costruttori elettrici ed elettronici ZVEI. Questo progetto ha il compito di predisporre in dettaglio il materiale necessario alla standardizzazione di un uso appropriato per l'automazione industriale delle comunicazioni wireless su bande di frequenza 2,4 GHz e 5 GHz e di fornire i risultati a CLC 65X e a ETSI CERM.

### 10 mW factory

Tra le problematiche ripetutamente discusse nel corso dei rapporti con la Commissione Europea, con l'ETSI e con le autorità nazionali competenti ci sono innanzitutto l'incompatibilità tra la regola LBT (ascoltare prima di parlare) stabilita nella versione 1.8.1 dell'EN 300328 definita da ETSI e le esigenze di determinismo (trasmettere a tempi definiti, dettati dal processo industriale) proprie del mondo industriale e il fatto che questa versione è entrata in vigore in Europa a gennaio 2015. C'è poi anche il fatto che i processi industriali si svolgono in aree ben delimitate e gestite in modo rigoroso sotto la responsabilità dei dirigenti delle società; fatto che ha portato a creare l'espressione "10 mW Factory" che sintetizza l'impegno che possono prendere questi dirigenti di gestire i propri impianti prevedendo che i dispositivi wireless siano installati in modo da avere un impatto al di fuori dell'area dell'impianto che non superi i 10mW e quindi risultino compatibili con le relative direttive europee del settore.
A seguito di questi sforzi chiarificatori da più di un anno si può sostenere che queste problematiche sono ben chiare a tutti gli interlocutori. Purtroppo c'è ancora da insistere per vedersi riconoscere ufficialmente la validità di quanto proposto. Riconoscimento ufficiale che è indispensabile per superare l'ostacolo dei certificatori dei nuovi dispositivi wireless per il mondo industriale che dal 1° gennaio 2015 devono usare come riferimento l'EN 300328

1.8.1.
Per rendere più diretti i rapporti tra CLC 65X e i vari ambienti interessati all'argomento (ETSI, ecc.) il CLC 65X all'inizio del 2014 ha dato mandato per lo svolgimento di tutto il lavoro al suo working group 1. I membri di questo WG1 vanno registrando progressi che fanno sperare in soluzioni adeguate, che comunque richiederanno tempi non brevi. Nel frattempo l'ETSI ha rilasciato una versione draft 2.2.0 della norma EN 300328, disponibile dal novembre 2017. Purtroppo continuano a non trovare una piena risposta le esigenze di comunicazione in tempo reale proprie dell'automazione industriale.
A livello nazionale, il CEI 65C continua a partecipare attivamente sia ai lavori sulle comunicazioni wireless in ambito internazionale, sia di IEC 65C WG16 e WG17, sia di CLC 65X, e a sostenere la necessaria collaborazione con ETSI. Il CEI si è pure attivato con contatti con il responsabile ufficio del dipartimento delle comunicazioni italiano, segnalando la necessità della nostra industria di automazione di avere quanto prima le regole d'uso delle comunicazioni wireless di cui si è detto sopra e, a tempi più lunghi, uno spettro di frequenza dedicato e usabile ovunque nel mondo. Anche organizzazioni italiane di costruttori (come ANIE Automazione) e utilizzatori (come il CLUI AS) già da tempo si sono attivate in tal senso, in stretto coordinamento con il CEI 65C. ANIE Automazione in particolare continua a essere molto attiva sia nei rapporti con il responsabile ufficio del dipartimento delle comunicazioni italiano, sia stimolando tra l'altro l'intervento dell'associazione europea Orgalime nei rapporti con la Commissione Europea.

**Comunicazioni basate su Ethernet TSN**

Nell'ultimo anno si sono intensificate le attività del 65C per quanto riguarda le comunicazioni cablate basate su real time Ethernet. Oltre alle attività di manutenzione della famiglia di standard IEC 61158 e IEC 61784 sui bus di campo tradizionale e Real Time Ethernet sono stati aperti dei working group congiunti con la IEEE per la definizione di un "profilo industriale" di Ethernet TSN.
Infatti, l'attività di revisione dello standard Ethernet per permettere l'introduzione del concetto di Quality of Service legato anche a vincoli temporali può essere sfruttata vantaggiosamente anche dalle applicazioni industriali.
Alla fine del 2017 il lavoro IEC che definisce le parti di Ethernet TSN di interesse industriale ha ricevuto un nuovo numero di standard: IEC 60802.
Grazie a Ethernet TSN potranno essere potenziate le interazioni sincronizzate tra le macchine anche ad alto livello e l'interazione delle macchine con le infrastrutture IT classiche.
La disponibilità di hardware TSN da parte di costruttori tradizionali di chipset di rete potrebbe ridurre il costo anche delle implementazioni industriali.

## 4.2 Condivisione bande ISM

Tutti i principali sistemi di comunicazione wireless destinati alle applicazioni industriali oggi disponibili operano normalmente all'interno di una banda nell'intorno dei 2.4GHz e 5 GHz. Tale scelta ovviamente pone dei severi limiti alla coesistenza di più reti co-locate, ma è dettata dalla necessità di poter disporre di una porzione di spettro che sia:

- sufficientemente ampia da garantire un data rate elevato oltre alla possibilità di allocare reti differenti su canali differenti;
- liberamente disponibile, ovvero, utilizzabile senza il rilascio di alcuna licenza particolare, rispettando i canali e le potenze utilizzabili all'interno dei singoli paesi;
- utilizzabile in tutto il mondo, per evitare di dover approntare apparati differenti in funzione del mercato di destinazione.

Unitamente al principio fisico per cui la distanza coperta in spazio libero dalla radiazione elettromagnetica dipende inversamente dalla frequenza (in base alla ben nota legge di Friis, il che quindi consiglia di adottare normalmente una relativamente bassa frequenza di trasmissione), la scelta della frequenza di lavoro ricade necessariamente nelle bande 2.4GHz o 5 GHz, che sono le uniche a soddisfare tutti i requisiti esposti. In particolare, la comunicazione è permessa a patto di rispettare dei vincoli sulla maschera e sulla potenza di emissione. La regolamentazione è

differente da nazione a nazione, ma in Europa si fa riferimento alle specifiche emanate dall'ETSI (in particolare la normativa ETSI EN 300 328, Electromagnetic compatibilità and Radio spectrum Matters (ERM); Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive). Per poter caratterizzare in maniera non ambigua la potenza di trasmissione si fa riferimento alla potenza emessa da un radiatore di riferimento, ideale ed isotropico; tale valore è normalmente indicato come potenza EIRP (equivalent isotropically radiated power).

Una importante distinzione è basata sulla tecnica di modulazione, se di tipo a salto di frequenza (frequency hopping) o meno; tipicamente i sistemi FH possono trasmettere con potenze più elevate occupando per meno tempo un singolo canale. Nel caso dei meccanismi FH il limite di emissione è 100mW EIRP, ovvero 20dBm. La normativa provvede a definire in maniera chiara cosa si intende per sistema FH; in particolare, si richiede un tempo di permanenza sul singolo canale (dwell time) non superiore a 12.25 ms, che possono essere estesi a 400 ms se il sistema in questione è dotato di meccanismi adattativi per la scelta del canale tesi ad incrementarne la coesistenza con altre reti (ad es. AFH di Bluetooth). Viene anche detto che la separazione tra un canale è il successivo deve essere di almeno 1 MHz e che la sequenza di salto deve essere costituita da almeno 15 differenti canali.
I sistemi che non rientrano nella classe delle modulazioni FH, hanno invece una potenza massima di emissione pari a 10 mW EIRP (10dBm) e una densità spettrale di potenza comunque non superiore a 10mW/MHz (10dBm/MHz). Sono infine posti dei vincoli anche sulle emissioni spurie, classificate in "a banda stretta", ad es. originate dall'oscillatore locale e che non devono essere superiori a -30dBm per il trasmettitore e 47dBm al ricevitore.

## 4.3 Legislazione Nazionale

SLa legislazione del settore in Italia è piuttosto complessa e frammentata. Il Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze disciplina l'uso delle bande di frequenza sul territorio nazionale, il Codice delle Comunicazioni definisce il regime di autorizzazioni per l'uso degli apparati che lavorano su diverse frequenze e infine le norme nazionali, regionali, provinciali e comunali sui campi elettromagnetici identificano i limiti dei parametri tecnici che caratterizzano le telecomunicazioni. Nel seguito si riportano i principali riferimenti legislativi con una breve descrizione dei contenuti.

**Piano Nazionale di Ripartizione Frequenze**
Pubblicato sulla G.U. n. 273 del 21-11-2008 - Supplemento Ordinario n.255

Il piano disciplina l'uso delle bande di frequenze in ambito nazionale. In particolare, stabilisce l'attribuzione ai diversi servizi delle bande di frequenze comprese tra 0 e 1000 GHz, indicando per ciascun servizio nell'ambito delle singole bande l'autorità governativa preposta alla gestione delle frequenze, nonché le principali utilizzazioni civili.

**Decreto legislativo 1° agosto 2003, n. 259 - Codice delle comunicazioni elettroniche**
Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.214 del 15 settembre 2003

Il Codice recepisce le quattro direttive europee in materia di comunicazione elettronica varate nel marzo del 2002 (2002/19/CE direttiva accesso, 2002/20/CE direttiva autorizzazioni, 2002/21/CE direttiva quadro, 2002/22/CE direttiva servizio universale). Tra le novità principali l'unificazione della disciplina di tutte le reti di comunicazione elettronica in grado di trasportare segnali digitali che riproducono suoni, dati o immagini. Sono esclusi invece i servizi di fornitura di contenuti editoriali. Si abbandona, inoltre, il regime della licenza e viene introdotto il regime unico della autorizzazione generale, ovvero una autorizzazione che consegue automaticamente, in assenza di un diniego da parte dell'amministrazione. Vengono promossi l'innovazione e lo sviluppo di reti e servizi di comunicazione elettronica a larga banda; in questo settore rivestono un ruolo di grande rilievo le Regioni e gli Enti locali che dovranno individuare i livelli avanzati di reti e servizi a larga banda, definire quelli minimi di disponibilità a livello locale.

Viene introdotto il cosiddetto trading delle frequenze, vale a dire la possibilità per gli operatori di cedere sul mercato frequenze loro assegnate ad altri operatori muniti dei necessari requisiti .
Completa depenalizzazione della violazione originariamente prevista dall'art.195 del codice postale per l'esercizio di un impianto di telecomunicazione senza autorizzazione, salvo quando l'impianto sia destinato alla radiodiffusione, ipotesi questa in cui permane il reato.

**Normativa vigente per i campi elettromagnetici generati da sistemi di telecomunicazione**
Varie leggi specificano i limiti per i campi elettromagnetici.
La **legge quadro 36/01** prevede per le intensità dei campi un limite di esposizione; un valore di attenzione; un obiettivo di qualità.
Il limite di esposizione è il valore che non deve mai essere superato per le persone non professionalmente esposte. Il valore di attenzione si applica, in pratica, agli ambienti residenziali e lavorativi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, e loro pertinenze esterne, che siano fruibili come ambienti abitativi quali balconi, terrazzi e cortili esclusi i lastrici solari. Sono quindi escluse, ad esempio, strade e piazze, per le quali si applica il limite di esposizione. L'obbiettivo di qualità è un valore che dovrebbe essere raggiunto nel caso di nuove costruzioni. Per i campi ad alta frequenza (da 0,1 MHz a 300 GHz) il limite di esposizione previsto dal DPCM 199/2003 è compreso fra 20 V/m e 60 V/m a seconda della frequenza. Il valore di attenzione e l'obbiettivo di qualità sono invece di soli 6 V/m, valori molto più bassi di quelli previsti in altre nazioni fuori dalla UE. Trattandosi di campi ad alta frequenza non è necessario specificare a parte il valore del campo magnetico, essendo questo semplicemente proporzionale a quello elettrico. Da notare che questi valori si applicano alle stazioni radio base e non ai dispositivi mobili come i cellulari, per i quali non esiste una normativa.
Esistono sia limiti da misurare sul singolo impianto sia limiti puntuali che riguardano il campo totale, generato da più impianti. Tuttavia, non sono previste sanzioni per gli impianti che superano i limiti di legge, ma che contribuiscono a generare una somma di campi magnetici superiori al limite per un'area abitata. L'adeguamento degli impianti è imposto da province e regioni ed è a carico del titolare dell'impianto.
Per i campi a frequenza industriale (50 Hz) ossia quelli generati dalle linee elettriche e cabine di trasformazione, il **DPCM 8 luglio 2003 n° 200** prevede un limite di esposizione di 100 μT per l'induzione magnetica e 5000 V/m per il campo elettrico; lo stesso DPCM fissa un valore di attenzione per l'induzione magnetica a 10 μT e per l'obbiettivo di qualità a 3 μT. Questi limiti vanno applicati, come per le alte frequenze, a tutti i luoghi ad alta frequentazione e dove si prevede una permanenza non inferiore alle quattro ore giornaliere ma, rispettivamente, per le condizioni preesistenti alla data di emanazione del DPCM e, relativamente all'obbiettivo di qualità, ai nuovi progetti successivi a tale data.

**Normativa Nazionale**
Legge n. 36 del 22 febbraio 2001 "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" Gazzetta Ufficiale n. 55 del 7 marzo 2001
D.P.C.M. 8 luglio 2003 "Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici generati a frequenze comprese tra 100 kHz e 300 GHz" Gazzetta Ufficiale n. 199 del 28 agosto 2003
Decreto legislativo n. 259 del 1 agosto 2003 e s.m.i. "Codice delle comunicazioni elettroniche" Supplemento alla Gazzetta Ufficiale n. 214 del 15 settembre 2003

**Normativa Regionale**
Legge regionale n. 19 del 3 agosto 2004 "Nuova disciplina regionale sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici" Bollettino Ufficiale n. 31 del 5 agosto 2004.
D.G.R. n. 15-12731 del 14 giugno 2004 "Decreto Legislativo 1° agosto 2003 n. 259. Allegati tecnici per installazione o modifica delle caratteristiche di impianti radioelettrici" Bollettino Ufficiale n. 29 del 22 luglio 2004.
D.G.R. n. 112-13293 del 12 agosto 2004 "D.G.R. n. 15-12731 del 14 giugno 2004 recante 'Decreto Legislativo 1° agosto 2003, n. 259. Allegati tecnici per installazione o modifica delle caratteristiche di impianti radioelettrici'. Rettifica all'Allegato numero 1 per mero errore materiale" Bollettino Ufficiale n. 32 del 5 agosto 2004.
D.G.R. n. 39-14473 del 29 dicembre 2004 "Legge regionale n. 19 del 3 agosto 2004 'Nuova disciplina regionale sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici'. Direttiva tecnica per il risanamento

dei siti non a norma per l'esposizione ai campi elettromagnetici generati dagli impianti per telecomunicazioni e radiodiffusione (art. 5, comma 1, lettera d). Bollettino Ufficiale n. 3 del 20 gennaio 2005.
D.G.R. n.16-757 del 5 settembre 2005 "Legge regionale n. 19 del 3 agosto 2004 'Nuova disciplina regionale sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici'. Direttiva tecnica in materia di localizzazione degli impianti radioelettrici, spese per attività istruttorie e di controllo, redazione del regolamento comunale, programmi localizzativi, procedure per il rilascio delle autorizzazioni e del parere tecnico". Bollettino Ufficiale n. 36 dell'8 settembre 2005.

# 5. Glossario delle tecnologie wireless

La gamma di dispositivi Industrial Wireless include diverse tipologie di dispositivi, che possono essere classificati come riportato di seguito.

**Access Point**
Un Access Point wireless è un dispositivo che funziona come interfaccia tra una rete di dispositivi cablati ed una rete wireless (realizzata con dispositivi client). L'Access Point è collegato a una rete di comunicazione installata in modo permanente su un cavo mentre i dispositivi client si possono anche muovere comunicando senza fili all'interno dell'area di copertura di uno o più access point e comunicare con i dispositivi cablati. Una rete radio può consistere di uno o più Access Point: è possibile in questo modo realizzare reti a estensione superficiale elevata, in cui ogni Access Point garantisce la trasmissione del segnale nella propria area di copertura ("Cella Radio"). La configurazione dei dispositivi può avvenire in diversi modi, tra cui tramite Web-Server integrato.

**Client**
I client consentono di interfacciare dispositivi di automazione dotati di porta Ethernet (come ad esempio PLC o dispositivi I/O) ad una rete wireless: i client sono infatti dei moduli d'interfaccia dotati di una scheda radio per agganciarsi alla rete wireless dell'Access Point e di una porta Ethernet per collegare dispositivi d'automazione. In caso di applicazioni mobili, è possibile garantire un funzionamento senza interruzione della comunicazione radio mediante il collegamento automatico del Client all'Access Point che fornisce il segnale di livello migliore ("Roaming"). La configurazione dei dispositivi può avvenire in diversi modi, tra cui tramite Web-Server integrato.

**Convertitori wireless**
Dispositivo che converte un segnale seriale (RS232 / 422 / 484) in un segnale wireless (ad esempio WLAN o Bluetooth).

**Dual Access Point**
E' un Access Point in cui sono integrate due schede radio ("Dual Access Point"). Il dispositivo può essere configurato come "Bridge" wireless: sono così realizzabili molteplici applicazioni, soprattutto nell'ambito della comunicazione punto-punto. E' possibile implementare un'infrastruttura di comunicazione, con più connessioni punto-punto tra i Dual Access Point (Wireless Backbone), mantenendo sulla seconda interfaccia il funzionamento della cella radio per il controllo dei Client. In un caso d'impiego alternativo, si possono utilizzare entrambe le interfacce per il funzionamento nella modalità punto a punto, con la realizzazione di una rete radio ridondante (con protocollo Spanning Tree): se si verifica un'anomalia su un collegamento, la rete radio rileva automaticamente una via di comunicazione alternativa. E' così garantito un elevato grado di sicurezza di funzionamento. La configurazione dei dispositivi può avvenire in diversi modi, tra cui tramite Web-Server integrato.

**Firewall**
I firewall utilizzano specifici protocolli per monitorare e limitare la richiesta di servizi, i dati in essi contenuti e la direzione del flusso di informazioni. I diritti di accesso possono essere definiti sulla base di autenticazione e identificazione. I firewall possono essere impiegati per criptare i pacchetti di dati.

**Full Duplex**
La modalità Full duplex è un metodo di comunicazione nel quale i dati possono essere trasmessi simultaneamente in entrambe le direzioni.

**Gateway**
Dispositivo che consente la comunicazione tra reti diverse cablate (ad esempio tra Ethernet e bus di campo) o tra reti cablate e reti wireless (ad esempio tra Ethernet e Bluetooth).

**Half Duplex**
La modalità Half duplex è un metodo di comunicazione nel quale i dati possono essere trasmessi in entrambe le direzioni ma non in maniera simultanea.

**ISM-Band**
ISM (Industrial Scientific Medical) è una banda di frequenze usata da alcuni dispositivi industriali, scientifici e medici (per esempio: dispositivi a microonde o sistemi radio). Si tratta di una banda di frequenze regolarmente assegnata, dal piano di ripartizione nazionale, ad altro servizio e lasciata di libero impiego solo per applicazioni all'interno di una proprietà privata e che prevedono potenze estremamente limitate in modo da limitare al massimo le interferenze con altri sistemi radio pubblici esterni. La normativa vieta l'attraversamento del suolo pubblico, anche se evidentemente questo concetto è difficilmente applicabile per le caratteristiche intrinseche della tecnologia.

**LAN**
LAN (Local Area Network) è una rete di computer che permette di condividere applicazioni, dati, stampanti e altri servizi. Fisicamente è limitata ad un'area locale come un edifico o un gruppo di edifici.

**MIMO**
MIMO (Multiple Input Multiple Output) è una tecnica che prevede l'uso di un sistema di antenne multiple sia al mittente che al ricevente per migliorare le prestazioni della comunicazione.
La tecnologia MIMO è particolarmente interessante quando applicata alle comunicazioni wireless, dato che offre miglioramenti notevoli nel throughput e nella distanza di trasmissione senza ricorrere a banda addizionale o a maggiore potenza di trasmissione bensì tramite una maggiore efficienza spettrale (più bit al secondo per hertz di banda) e una più alta affidabilità del collegamento.

**Modem**
In telecomunicazioni ed elettronica con il termine modem si indica un dispositivo di ricetrasmissione che ha funzionalità logiche di modulazione/demodulazione (analogica o numerica) in trasmissioni analogiche e digitali. Nell'accezione più comune il modem è un dispositivo elettronico che rende possibile la comunicazione remota tra sistemi di automazione (ad esempio PC o PLC). Questo dispositivo permette la MOdulazione e la DEModulazione dei segnali contenenti informazione; dal nome di queste due funzioni principali il dispositivo prende appunto il nome di MODEM. In altre parole, sequenze di bit vengono ricodificate come segnali elettrici. I modem GSM/GPRS/EDGE/UMTS/HSDPA sono i modem presenti nei telefoni cellulari di terza generazione. Consentono di accedere ad internet a velocità variabili tramite i servizi di connessione offerti dagli operatori telefonici di telefonia cellulare.

**Modulo I/O wireless**
Caso particolare di terminale wireless, in cui la funzionalità è quella di acquisizione di segnali di ingresso / uscita digitali o analogici. Esistono anche sistemi di trasmissione I/O punto-punto in modalità plug&play.

**PAN**
PAN (Personal Area Network) è una rete che può essere usata per connettere o bloccare immediatamente apparecchiature come telefoni cellulari o altri dispositivi potatili (PDA). Una PAN può essere installata usando metodi di trasmissione che prevedono il cablaggio (come USB o Firewire) oppure wireless usando per esempio il Bluetooth. Generalmente la portata di una PAN è di un paio di metri.

**RADIUS**
RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service) è utilizzato per proteggere l'autenticazione delle reti wireless.

**Roaming**
Il roaming è una funzione che abilita un telefono cellulare a rilevare automaticamente una rete cellulare a cui non appartiene e a utilizzarla come propria.

**Terminale wireless**
Dispositivo terminale (ad esempio PC o PLC) con interfaccia wireless (Client) integrata.

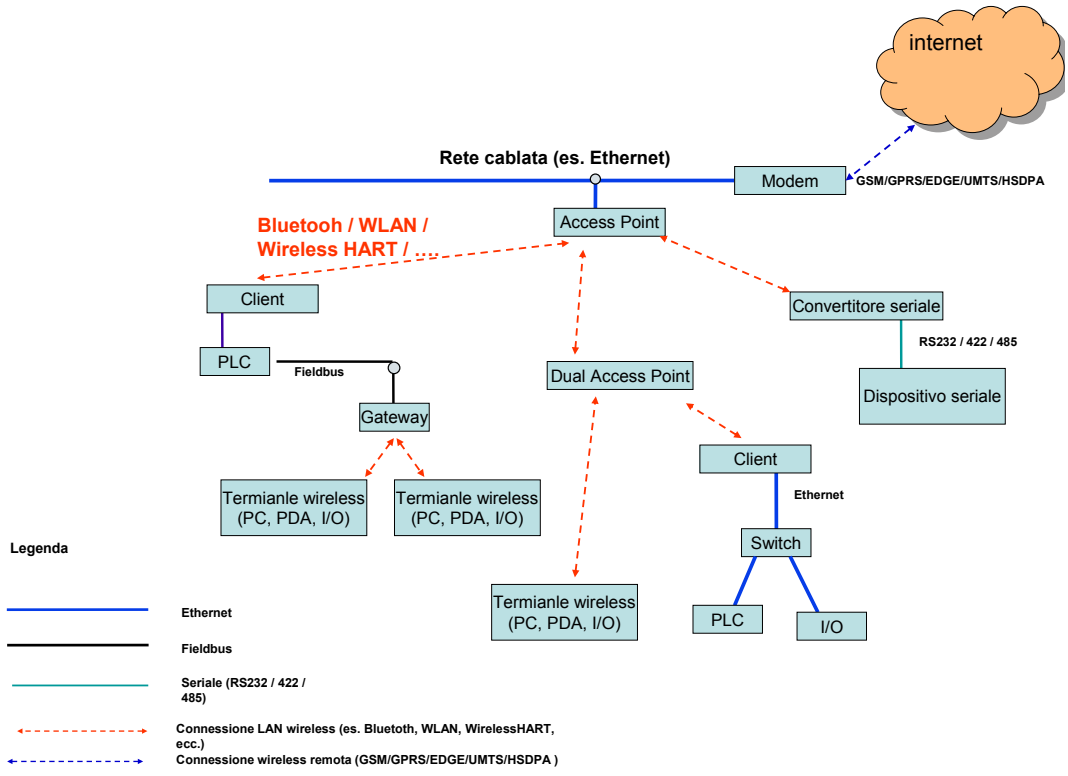
**WAN**
WAN (Wide Area Network) è una rete utilizzata per scambiare dati su ampie aree come ad esempio città o distretti industriali

**WiFi**
Il Consorzio WiFi è una Associazione di imprese con l'obiettivo di migliorare l'interoperabilità tra i dispositivi con interfaccia wireless. In alcuni paesi il termine WiFi è usato come sinonimo di WLAN.

**WLAN**
WLAN (Wireless Local Area Network) è una rete che opera senza cavi in accordo con le norme IEEE.

**WPA2**
WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) è l'implementazione di uno standard di sicurezza in ottemperanza della norma WLAN IEEE 802.11a, b, g, n ed i. E' basato su AES (Advanced Encryption Standard).

**WPAN**
WPAN (Wireless Personal Area Network) è un tipo speciale di PAN usato per le comunicazioni wireless a breve distanza con lo scopo di evitare il cablaggio.



# 6. Case History

### Applicazione Access point Wireless

Nel seguente scenario applicativo l'operatore richiede l'accesso alla programmazione e parametrizzazione macchinario mediante un Tablet con collegamento wireless.
Il macchinario è controllato da un PC industriale che mediante comunicazione ethernet dialoga con gli I/O remoti e gli azionamenti motore ubicati a bordo macchina.
L'ambiente industriale, impone l'utilizzo di componentistica idonea per soddisfare i severi requisiti. Temperature ambiente gravose, tensione di alimentazione standard 24 VDC, MTBF elevati, sono solo alcune caratteristiche tecniche hardware rilevanti. La reperibilità del prodotto nel mercato mondiale, anch'esso rappresenta un aspetto fondamentale per il service.
Il macchinario può essere installato in un contesto internazionale, ne consegue che i dispositivi devono avere approvazioni e certificazioni idonee per i mercati di destinazione.
La scelta finale del cliente si orienta verso l'utilizzo di un Access Point Wireless con porta RJ45 connessa alla rete ethernet di macchina. Mediante l'Access Point, viene collegato in maniera semplice il Tablet. Grazie al server DHCP presente nell'Access Point, il Tablet riceve in modo automatico l'indirizzo IP. Il protocollo utilizzato è quello TCP/IP standard. Nel PC di macchina è stato installato un semplice programma di controllo accesso remoto desktop PC in modalità Server. Lo stesso semplice programma, viene installato nel Tablet in modalità Client.
In questo modo il desktop del PC industriale di controllo macchina e quindi la suite di visualizzazione stato e impostazione macchinario, viene resa disponibile sullo schermo touch del Tablet remoto.
Viene superato il concetto di HMI (Human Machine Interface) fisso in un pulpito o a bordo quadro elettrico. Grazie alla connessione wireless, il Tablet si interfaccia rapidamente con la macchina e può essere utilizzato per verifica e taratura dispositivi proprio grazie alla visualizzazione del Desktop PC. Ad esempio si può testare lo stato di trasmissione di un segnale sensore dal campo effettuando la regolazione meccanica. Allo stesso tempo, vederne lo stato dalla videata sinottico macchinario. Altra funzione necessaria è il collegamento protetto all'Access Point con l'utilizzo di password WAP2 e nome della rete SSID non trasmesso a tutti i dispositivi collegati con rete wireless Wifi.
Le impostazioni di firewall pacchetti dati che filtrano e bloccano il traffico degli stessi non autorizzati, aiutano ad implementare l'accesso sicuro. In questo modo si crea un collegamento wireless ad hoc protetto. L'ideale è usare più protezioni combinate come quelle sopra descritte, la protezione sarà personalizzata e di più difficile elusione.

Le funzionalità dell'Access Point riguardanti la sicurezza quali password e firewall sono assolutamente d'obbligo. La comunicazione wireless è sicura solo se si garantisce l'accesso limitato agli utenti abilitati. In campo industriale la cyber security è di vitale importanza.
La compromissione dei dati o delle operatività dei sistemi di controllo da parte di utenti non autorizzati, possono avere conseguenze economiche rilevanti, persino creando situazioni di pericolo per gli addetti al funzionamento del macchinario.
Questa applicazione apre nuovi scenari applicativi per linee e macchinari di produzione, dando la possibilità di sfruttare i vantaggi di avere un pannello di controllo HMI completamente portatile e connesso in wireless.

### Applicazione per raccolta segnali e movimentazione materiali in uno zuccherificio

L'applicazione è partita come una necessità sorta all'interno di uno zuccherificio in Romagna, uno dei pochi rimasti in Italia. Per uno zuccherificio italiano la materia prima è la barbabietola da zucchero, che normalmente viene coltivata in zone distanti anche 50-100 Km dallo zuccherificio stesso. Il raccolto di barbabietole è concentrato in un mese (Agosto) e quindi la gestione del denso flusso di TIR che hanno caricato le barbabietole nei campi e che devono scaricare per procedere ad ulteriore viaggi, è uno dei primi parametri da automatizzare per rendere tutto il processo effi- ciente e ridurre al minimo gli scarti.
L'applicazione era stata studiata e implementata prima del raccolto su una nuova area di 50.000 mq appositamente

predisposta per queste esigenza. L'esigenza del cliente era quella di ottimizzare il flusso dei veicoli in arrivo tramite segnalazioni semaforiche di accesso, consenso allo scarico, pesatura e segnali per l'automazione di nastri trasportatori. Più precisamente il flusso di TIR passa attraverso le seguenti stazioni:

- area di pesatura: i segnali da raccogliere sono relativi alla corretta posizione del TIR sulla zona di pesatura,
- stazione di controllo qualità e smistamento opportune valutazioni con segnali di conferma indicano automaticamente all'autista se scaricare su nastro trasportatore o in apposita zona di "valutazione" materia prima,
- area di attesa scarico su nastro: è il punto nevralgico che deve essere temporalmente gestito in modo corretto per sincronizzare questa attività con il processo vero e proprio di produzione che avviene all'interno dello zuccherificio,
- area di uscita / ingresso: qui la problematica più importante è la gestione semaforica.

La scelta di una soluzione di automazione passa necessariamente attraverso il wireless, considerata l'estensione geografica. Il sistema wireless doveva necessariamente avere grado di protezione IP 67 in quanto tutte le attività si svolgono all'aperto e con ambiente particolarmente gravoso dovuto alle condizioni atmosferiche, ai lavaggi, ai liquidi di fermentazione del prodotto. La rete realizzata è di tipo mesh con un master che dialoga con la postazione centrale e vari slave disposti nelle singole zone che riuscissero a gestire l'elevato numero di segnali presenti.
Ovviamente particolare attenzione è stata posta nella modalità con cui il sistema wireless gestisce la trasmissione dei dati, per essere estremamente affidabili nella trasmissione fino a 2 km in ogni situazione atmosferica. Oltre la struttura portante di raccolta dei segnali d'impianto realizzato via wireless, ci sono state anche richieste di soluzioni per esigenze specifiche:

- sensore radar per il rilevamento di presenza mezzo in attesa,
- realizzazione di uno strumento portatile wireless con cui un operatore potesse inserirsi nella rete wireless con dei comandi di gestione del flusso impartiti direttamente da lui per ovviare a situazioni di criticità (l'operazione deve essere fatta con l'operatore in movimento sui diversi piazzali),
- sensori di posizione per l'automezzo che potessero essere posizionati senza opere di scavo in grado di evidenziare le piazzole occupate o libere.

I criteri vincenti della scelta della soluzione wireless sono stati:

- possibilità di effettuare un verifica sul campo durante la fase di studio dell'applicazione, in modo da sciogliere i dubbi dell'utente sull'affidabilità del sistema,
- comunicazione bidirezionale dei moduli con elevata robustezza e affidabilità della comunicazione alla max distanza richiesta in qualsiasi condizione atmosferica,
- possibilità dei dispositivi wireless di segnalare l'entità del segnale,
- ripristino automatico delle configurazioni impostate in caso di mancanza di tensione.

I vantaggi per l'utente finale sono innumerevoli, ognuno di essi ha portato a risparmi di costi rispetto alla soluzione precedente:

- ottimizzazione del tempo di attesa di carico e scarico,
- riduzione degli scarti di materiale dovuto a fermentazione,
- riduzione delle conflittualità sindacali tra autotrasportatori e Società,
- maggiore produzione finale nello stabilimento.

**Console di comando wireless real-time per macchine utensili con sicurezza funzionale integrata**

Nel settore delle macchine utensili, e non solo, viene utilizzata una console che consente all'operatore il controllo di una macchina nella sua operatività: modificare impostazioni e parametri, operare movimenti manuali e controllarne le lavorazioni in macchina. Questa console normalmente viene connessa con un cavo direttamente al controllo numerico o all'unita centrale di controllo.
Inoltre il dispositivo prevede anche l'utilizzo del pulsante di Emergenza e dei pulsanti di abilitazione degli azionamenti dei motori.
L'esigenza degli utilizzatori di questo prodotto con cavo di collegamento era risolvere alcune importanti problematiche:

- Risolvere il problema della pesantezza e della maneggevolezza del cavo di collegamento, che poteva arrivare fino a 30 metri.
- L'operatore dovendo trascinare un cavo riduceva l'accuratezza di utilizzo.
- Con il cavo connesso non era possibile utilizzare il prodotto in spazi ridotti o in particolari posizioni.
- Il cavo di connessione, benché di ottima qualità, richiedeva frequente manutenzione.

Per poter togliere il cavo di connessione ed effettuare una connessione wireless, la riprogettazione del prodotto si rendeva necessaria. Particolare cura si imponeva nella scelta della tipologia di trasmissione, in quanto la coesistenza di questo prodotto in una banda di libero utilizzo insieme ad altri prodotti, come le wireless lan, dispositivi bluetooth, telecomandi, sistemi di sicurezza ed altre periferiche Zigbee era particolarmente importante.
I principali requisiti del nuovo prodotto dovevano essere:

- Connessione wireless in real-time con tempo massimo di ciclo 30 ms.
- Portata tra i dispositivi wireless minimo 30 metri.
- Operabilità di più dispositivi nello stesso ambiente.
- Sicurezza funzionale integrata relativa al pulsante di Emergenza ed ai pulsanti di abilitazione azionamenti in conformità alla norma EN13849 -1:2005 Cat3 PL D.
- Basso Consumo del dispositivo portatile per operare a batteria con autonomia di almeno 12 ore di funzionamento.
- Docking station per la ricarica batteria.

Per poter effettuare una connessione wireless si è dovuto implementare una stazione base di appoggio, collegata direttamente al controllo numerico, permettendo l'accesso radio al dispositivo portatile.

La stessa stazione base funge anche da stazione di ricarica per il dispositivo portatile che e` alimentato a batterie.
Il dispositivo portatile, con antenna integrata, è collegato in modalità point to point con la stazione base permettendo l'operatività della console.

Per la gestione di questa particolare tipologia di prodotto, dove la necessità di un collegamento real-time era indispensabile, le principali caratteristiche della comunicazione wireless identificate sono state:

- Banda di frequenza I.S.M. in particolare 2.4 GHz, riconosciuta in tutto il mondo.
- Protocollo fisico ZigBee.
- Modulazione DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).
- Velocita di trasmissione 250 Kbps.
- Multi Canale almeno 16 con 5 MHz di banda per ogni canale.
- P.E.R. massimo 1% senza pacchetti consecutivi persi.
- Potenza di uscita 20db massima per ottenere una portata minima di 30 metri.
- Sensibilità ricevitore minima -80dbm.

Con la disponibilità di nuovi strumenti normativi, come nel caso della EN13849, si e potuto risolvere il problema della sicurezza funzionale dei pulsanti di emergenza e di abilitazione degli azionamenti, che ha permesso l'implementazione di queste funzioni senza fili di connessione.

Con la soluzione wireless adottata, si è immediatamente riscontrato un grande vantaggio rappresentato dalla semplicità e dalla comodità di utilizzo del prodotto senza avere cavi di connessione.
In questa prodotto il sistema wireless ha risolto il grosso problema della difficoltà operativa intorno ad una macchina utensile, sopratutto di grande dimensione, incrementandone la produttività e soprattutto l'accuratezza delle operazioni manuali.
Inoltre ora, grazie all'assenza del cavo, è diventato possibile operare anche in spazi molto ridotti. Con questo prodotto, si sono potuto ridurre notevolmente i costi di manutenzione, non solo quelli dovuti ai cavi di connessione ma anche a quelli del dispositivo portatile, più leggero e resistente.

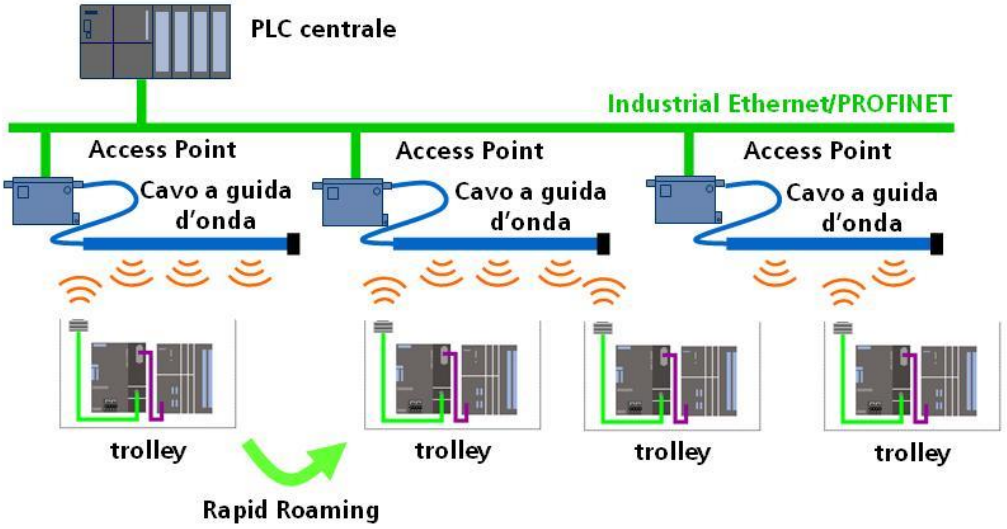
**Industrial WLAN per l'automazione dei magazzini automatici e delle macchine mobili**

Negli impianti di automazione industriale che prevedono l'impiego di macchine mobili (veicoli a rotaia, carri ponte, AGV..), l'uso della tecnologia Industrial WLAN basata sullo standard IEEE 802.11, rappresenta la soluzione ideale per realizzare un'infrastruttura di rete senza fili adatta alle specifiche esigenze applicative. Utilizzando antenne omnidirezionali, direzionali o cavi a guida d'onda, infatti, è possibile progettare un sistema wireless affidabile e idoneo alle dimensioni degli impianti in ambiente industriale, per soddisfare le necessarie esigenze di determinismo del sistema di comunicazione nel controllo della produzione.
L'applicazione in oggetto riguarda l'automazione di un magazzino verticale a scaffali, per un importante centro di distribuzione internazionale nel settore Food & Beverage. Il sistema prevede la gestione automatica degli ordini ricevuti via web, per lo smistamento e la spedizione dei singoli pallet, con l'obiettivo di ridurre i tempi di carico/scarico merce. Il magazzino si sviluppa in 2 piani con differenti temperature (0°C e +40°C) ed è costituito da un sistema di trasporto a monorotaia, lungo il quale si movimentano 200 carrelli automatici (trolleys) che gestiscono il carico/scarico pallet. La monorotaia ha una lunghezza complessiva di oltre 5000 metri; i trolleys la percorrono con una velocità massima dei carrelli pari a 1,5 m/s nei tratti rettilinei.
Il cliente doveva trovare un'infrastruttura di rete in grado di fornire performance sufficientemente adeguate, per gestire dai PLC centrali dei 2 piani di magazzino, l'intero sistema di trolleys e la relativa logica di anticollisione.

Per rispondere all'esigenza descritta, il cliente poteva scegliere una soluzione a contatti striscianti o un sistema di comunicazione senza fili. Solo con l'utilizzo del wireless tuttavia era possibile eliminare i costi per la manutenzione dell'infrastruttura di rete, oltre a migliorare sufficientemente le performance e la stabilità della comunicazione; la scelta si è quindi indirizzata sull'utilizzo della tecnologia Industrial WLAN. Si poneva però un importante problema progettuale legato all'estensione ed alla morfologia del magazzino, caratterizzato de decine di scaffali verticali,

i quali rappresentavano un rilevante ostacolo per garantire un'adeguata copertura wireless nella comunicazione con i trolleys.
Si è quindi scelto di adottare una tecnologia di trasmissione basata su cavi a guida d'onda installati lungo l'intero percorso della monorotaia.

Un segmento di cavo a guida d'onda è collegato a un access point e realizza la copertura wireless per un tratto di monorotaia della lunghezza di circa 80 metri. Ogni access point è poi collegato tramite una dorsale ethernet ai PLC centrali per la gestione del magazzino; per realizzare la copertura complessiva dell'impianto sono stati installati oltre 60 access point.
Lo standard di trasmissione utilizzato è IEEE 802.11h, caratterizzato da un elevato numero di canali di comunicazione utilizzabili. Nella scelta delle frequenze di trasmissione, si è prevista una fase iniziale di progettazione per la disposizione degli access point sul layout dell'impianto, in modo da garantire una copertura radio completa della monorotaia; importante inoltre fare attenzione alla disposizione delle aree radio degli access point evitando canali sovrapposti e rilevando eventuali segnali wireless presenti in fase di progettazione.
Ognuno dei 200 carrelli automatici è fornito di un modulo client WLAN, con un'antenna specifica installata a circa 10 cm di distanza dal cavo a guida d'onda, un piccolo PLC in grado di eseguire il controllo di movimentazione locale del trolley tramite inverter e la lettura della posizione via barcode. La rete wireless è così utilizzata per la gestione delle missioni di carico e scarico pallet, la logica di anticollisione e la diagnostica.
Un'altra importante problematica da risolvere riguardava la gestione del meccanismo di roaming, per ogni modulo client wireless installato sui trolleys, che si muove attraverso l'area di copertura di più access point. Il meccanismo di roaming infatti, introduce un buco di comunicazione non deterministico per cui la rete d'automazione non potrebbe avere tempi stabili e attendibili nella gestione dei trolleys. Per ovviare a questa problematica si è sfruttato un protocollo di comunicazione proprietario che garantisce una funzionalità di rapid roaming con tempi inferiori a 50 ms.

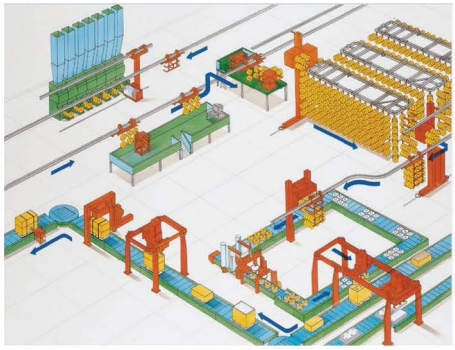



Grazie all'utilizzo della tecnologia Industrial WLAN, il cliente ha potuto eliminare definitivamente i costi di manutenzione della rete per i carrelli automatici, oltre a migliorare significativamente le performance e la stabilità della comunicazione. L'utilizzo di un sistema di trasmissione basato su cavi a guida d'onda ha consentito di ottenere un'efficiente e omogenea copertura wireless all'interno degli scaffali verticali. La possibilità di avere una comunicazione senza fili ottimizzata per moduli client con antenna installata a circa 10 cm di distanza dal cavo a guida d'onda, consente di pianificare senza particolari problemi di coesistenza un'infrastruttura wireless caratterizzata da oltre 60 access point.

## Industrial WLAN per la movimentazione dei filati sintetici

I filati sintetici vengono prodotti mediante un processo chimico-meccanico e poi avvolti tramite delle macchine avvolgitrici in bobine di grosse dimensioni. Dal momento in cui l'avvolgimento della bobina è stato completato ha inizio il processo di movimentazione automatica. Le bobine vengono raccolte a bordo di robot, per essere poi caricate su degli shuttle aerei. In questa fase si innesca il processo di handling, che movimenta le bobine fino all'arrivo al magazzino automatico.

L'applicazione fa parte di un impianto per produzione filato situato su una superficie di oltre 23.000mq, che produce 60.000 bobine al giorno di filato. Le bobine vengono prelevate dalle avvolgitrici attraverso 20 macchine robot stand-alone, controllate con movimentazione indipendente, che "corrono" su corridoi lunghi svariate decine di metri.
La comunicazione Wi-Fi è deterministica tramite Profinet I/O e consente all'impianto di azzerare i tempi morti di interfacciamento tra le macchine di movimentazione e gli oltre 250 shuttle. A differenza di alcuni anni fa, quando si disponeva solo di un quadro elettrico a terra e di catene portacavi che riportavano i segnali, la comunicazione wireless deterministica permette la comunicazione mobile-terra con la massima flessibilità.



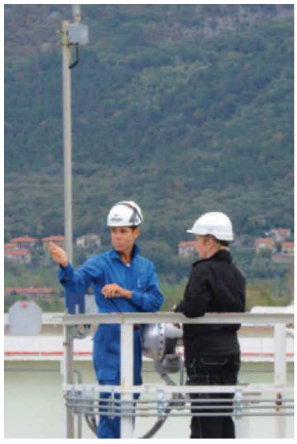
L'impianto presenta diversi Master di terra, tutti dotati di PLC con capacità fail-safe, equipaggiati di porte Profinet, mentre tutti i carrelli porta-bobine su rotaia dispongono di una CPU indipendente. I carrelli porta-bobine sono orientati al rispetto della sicurezza funzionale grazie ad una CPU e agli azionamenti multi-asse con recupero energetico. Grazie a questi numerosi accorgimenti in termini di affidabilità e rispetto delle normative di sicurezza, lo stabilimento ha potuto ottenere ottime prestazioni sulle macchine, compattandone le dimensioni e consentendo la condivisione contemporanea del corridoio da parte di più macchine. La comunicazione deterministica via Profinet I/O avviene tramite moduli Wi-Fi ed è gestita sia da una soluzione con cavo a guida d'onda, sia via etere con antenne omnidirezionali o direzionali. Il cavo a guida d'onda viene impiegato principalmente per i segnali di sicurezza e consente di disporre di una comunicazione wireless guidata lungo un cavo.
Il segnale wireless viene così localizzato, di modo che la macchina si possa muovere seguendo un cavo e la comunicazione possa avvenire in maniera più performante rispetto ad una comunicazione via etere, talvolta influenzata dall'ambiente e da disturbi.
La presenza di oltre 250 shuttle che si muovono lungo 2,5 km di rails aerei e che devono deviare il loro percorso a seconda delle esigenze tramite scambi aerei, ha reso vitale una comunicazione rapida e deterministica che consenta allo shuttle di raggiungere il carrello per il carico delle bobine verso altre stazioni. Proprio per questo è stato fondamentale lo studio preliminare del layout dell'impianto, per poter garantire una copertura affidabile e totale delle aree e per non "perdere mai di vista" il singolo "shuttle". Lo studio preliminare ha consentito di valutare il layout e il posizionamento dei circa 40 access point e tramite software di engineering è stato pianificata e calcolata la copertura wireless.

Dovendosi infatti muovere lungo aree di grandi dimensioni, dove un access point ha una copertura limitata (circa 100 m con cavo a guida d'onda o antenne omnidirezionali), è molto importante che i tempi di risposta siano sempre garantiti. Il singolo shuttle, dotato di un modulo client che si aggancia all'access point, deve infatti passare dall'area di copertura di un access point a quella di un altro in modalità roaming. Questo processo viene

reso possibile grazie alla funzionalità di rapid roaming offerta da particolari moduli, che consentono un tempo di roaming inferiore ai 50 ms.

### I Radar Wireless per i trasferimenti fiscali di greggio in oleodotto

Ogni anno, oltre 400 navi petroliere in maggior parte provenienti da Africa, Medio Oriente, Russia e Venezuela scaricano 35 milioni di tonnellate di greggio (con un valore compreso tra 13 e 14 miliardi di euro) al terminal marino dell'azienda che gestisce l'oleodotto transalpino. Le 100 differenti qualità di prodotto sono stoccate in 32 serbatoi a tetto flottante, da cui sono pompate, pure o a seguito di blending, nell'oleodotto di 753 km che le conduce ad otto raffinerie in Germania, Austria e nella Repubblica Ceca.
Il sistema di misura di livello radar installato nel 1993 è ormai obsoleto ed ha richiesto di essere sostituito dal momento che la reperibilità di parti di ricambio ha iniziato ad essere critica.
I cablaggi esistenti nell'impianto sono datati attorno al 1960 e si sono rivelati danneggiati e non più idonei a supportare una comunicazione dati efficace. Inoltre, dal momento che il cablaggio è stato effettuato in un'epoca in cui non c'erano normative a riguardo, non è possibile garantire che non ci siano effetti di interferenza reciproca. Il costo di un nuovo cablaggio è stato stimato attorno al milione di euro. In questa installazione, la misura di livello è essenziale per i trasferimenti fiscali nell'oleodotto: per tale motivo l'azienda ha cercato un'alternativa affidabile, ma al tempo stesso vantaggiosa economicamente.



Dal momento che l'azienda era pienamente soddisfatta dell'affidabilità della precedente installazione radar, si è suggerito di non modificare l'approccio tecnologico, ma al tempo stesso di introdurre nuovi sviluppi tecnologici e, soprattutto, la possibilità di dotare l'impianto di tecnologia wireless. In ciascun serbatoio, le misure di livello preesistenti sono state sostituite da misuratori di livello wireless, dotati di antenne radar da 12". Il misuratore utilizza un adattatore Wireless per inviare le misure di livello e di temperatura con il network wireless alla sala controllo, tramite due sistemi wireless di monitoraggio remoto ridondanti.

L'azienda ha cercato la massima affidabilità dell'intero sistema, per questa ragione ha richiesto la ridondanza delle gateway. Le antenne delle gateway sono state installate sul tetto della sala controllo, a 15 metri di distanza dal loro posizionamento. La comunicazione tra le gateway ed il sistema di controllo avviene con tecnologia Modbus.

La fase iniziale di installazione ha previsto un test pilota su quattro serbatoi per verificare che la nuova soluzione wireless fosse accurata, rapida ed affidabile tanto quanto il sistema cablato.
C'era inoltre la necessità di analizzare la rete wireless per verificare tre condizioni:

- condizioni atmosferiche estreme nell'area, caratterizzate da forti venti di bora e precipitazioni intense;

- diametro dei serbatoi compreso tra 20 ed 80 metri, con distanze tra serbatoi fino a 300 metri;
- prestazioni effettive.

L'azienda ha apprezzato la flessibilità del sistema aperto WirelessHART. Il network si può espandere facilmente ad altri serbatoi con la semplice aggiunta di nuove apparecchiature. Ulteriormente, la soluzione wireless permette di connettere il sistema antincendio di ciascun serbatoio tramite il network. Con la soluzione wireless implementata, i dati provenienti da apparecchiature alimentate ma prive di linee segnale possono essere facilmente integrati nella rete wireless, un'opportunità unica che permette nuove potenzialità di utilizzo.

**La produttività aumenta con il monitoraggio Wireless HART (IEC 62591) degli scaricatori di condensa**

Uno dei maggiori produttori alimentari degli Stati Uniti ha stabilito che l'innovazione in tutti i settori della propria attività è la giusta strategia per mantenere la massima qualità dei suoi prodotti, dei servizi e delle relazioni con i propri clienti. In un impianto alimentare del sud est degli Stati Uniti il processo di innovazione si è esteso alla strumentazione di processo e di controllo. Il Project Engineer della società, responsabile dei servizi di progettazione e manutenzione dell'area utilities, ha dichiarato: "Siamo continuamente alla ricerca di nuove tecnologie per migliorare l'utilizzo dell'energia. Questo è un grande impianto con più linee di prodotto che sono gestite come singole business unit per quanto riguarda i costi. Abbiamo la necessità di conoscere il consumo di energia per ogni business unit nel corso del tempo, e di confrontarli. In questo modo siamo in grado di apportare continui miglioramenti nelle aree che ne hanno più bisogno".

Gli scaricatori di condensa sono stati identificati come una delle maggiori fonti di perdite energetiche. Quando uno scaricatore rimane aperto, il vapore non è consumato completamente ed è convogliato direttamente nel sistema di ritorno della condensa, da dove può essere immesso in atmosfera. Inoltre può avvenire un aumento di pressione nel sistema di trasporto della condensa, che inibisce lo scarico dello scaricatore, causando un'ulteriore inefficienza del sistema. Se gli scaricatori di condensa non si chiudono, il sistema si allaga causando una perdita di trasferimento di calore ed una conseguente perdita nella produzione.

I guasti degli scaricatori di condensa aumentano il rischio di colpi di ariete, che possono portare a danni materiali e dilatazione dei tempi di inattività. Nel tentativo di evitare guasti agli scaricatori era stato sviluppato un programma di manutenzione preventiva, ma con quasi 100 unità presenti nell'impianto le attività manutentive si sarebbero potute eseguire solamente una volta in un anno. Questo tipo di manutenzione richiede la presenza di una squadra di manutenzione, impiegata per un'ora per ciascuna unità (circa 100 ore all'anno).
Per rispondere alle esigenze del produttore, all'interno dell'impianto è stata installata una rete Wireless HART autorganizzante, costituita da misuratori di portata wireless per il monitoraggio del flusso di aria compressa

all'interno delle unità di impianto, con lo scopo di ottimizzare l'utilizzo di energia elettrica. L'installazione del misuratore a misura acustica Wireless HART non intrusivo è stata facile ed ha permesso di risparmiare sui costi di installazione. Le risorse risparmiate sono state successivamente spese per l'acquisto di strumentazione in grado di migliorare il monitoraggio all'interno dell'impianto.

Per il monitoraggio degli scaricatori di condensa, sulle linee vapore dell'impianto, sono stati installati nove trasmettitori a misura acustica wireless con sensori integrati a montaggio esterno, che sono stati integrati nel sistema Wireless HART di monitoraggio remoto esistente che comunica con il sistema host dell'impianto. Gli scaricatori presenti sono di diverso tipo, dalle termostatiche TT, alle termostatiche float, al tipo ad affioramento. I trasmettitori hanno lavorato bene indipendentemente dal tipo di applicazione.

Un'altra applicazione riguarda una pompa alimentata a vapore, dove i trasmettitori a misura acustica della pompa sono stati monitorati per avere un'indicazione precoce dei problemi. Il network è stato facile da estendere ed i trasmettitori hanno irrobustito la rete. Fra i trasmettitori e la gateway è presente un'elevata quantità di manufatti in cemento ed un'elevata presenza di disturbi elettromagnetici; nonostante questo le comunicazioni sono robuste ed affidabili. Il trasmettitore, grazie alla combinazione tra le misurazioni della temperatura e "l'ascolto" del rumore, permette di avere una visibilità senza pari degli scaricatori di condensa.
Il Project Engineer ha successivamente affermato che: "Il monitoraggio manuale degli scaricatori di condensa non ci permetteva di avere informazioni sufficienti, ma da quando sono stati installati i trasmettitori a misura acustica wireless è possibile individuare in tempo reale quale scaricatore è bloccato ed il problema si risolve velocemente. Il trend dello scaricatore di condensa sostituito indica, successivamente, un comportamento normale".

Attualmente l'impianto è dotato di allarmi in tempo reale per ciascuno dei nove trasmettitori a misura acustica wireless. Alcuni sono posizionati in aree "wash-down", ed uno è in un ambiente ad elevata umidità: tutti forniscono dati affidabili. A causa del design dei dispositivi, il cliente può "impostare e dimenticare" ciascuno dei trasmettitori ed eliminare le attività manuali di manutenzione preventiva.
I risultati e i conseguenti vantaggi conseguiti con la soluzione Wireless HART implementata sono quindi così riassumibili:

- minor consumo di energia, grazie alla riduzione delle perdite e dei blocchi del vapore;
- maggiore produttività grazie all'eliminazione della manutenzione preventiva degli scaricatori di condensa;
- riduzione dei guasti meccanici grazie alla minimizzazione dei colpi d'ariete.

### L'ottimizzazione del ciclo idrico integrato grazie all'utilizzo di adeguate architetture di telecontrollo

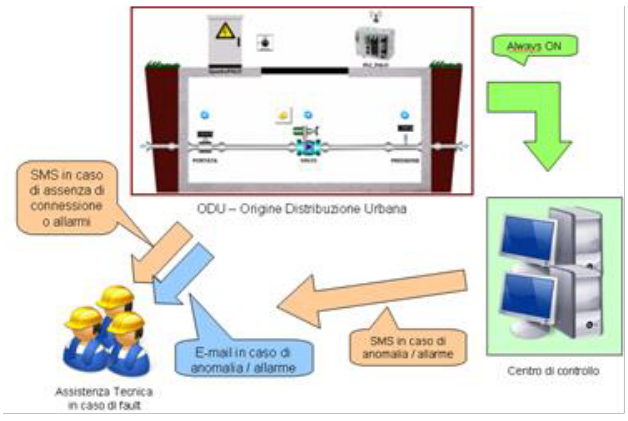
L'applicazione che qui si presenta è dedicata alla Water Industry, ed in particolare all'automazione, la supervisione, e il telecontrollo dei Punti di Origine della Distribuzione Urbana a servizio di diversi centri abitati, gestiti da una Public Utility del Sud Italia.
Il sistema realizzato è in grado di gestire la pressione in rete idrica interna (Pressure Management), secondo diverse strategie di automazione, mediante valvole di regolazione controllate in campo da PLC: obiettivo finale è l'ottimizzazione della risorsa idrica con l'abbattimento delle perdite in rete idrica interna.
In primis, l'esigenza manifestata dal cliente era di realizzare un sistema di controllo e gestione che tenesse conto delle caratteristiche del territorio oggetto del servizio di distribuzione idrica, nello specifico una città di tipo medio / grande dimensione, con possibili incrementi di popolazione durante il periodo estivo, essendo situata in prossimità di centri balneari. Altra esigenza era quella di ridurre al minimo le installazioni di apparati per la comunicazione verso l'esterno.

La soluzione presentata al cliente è stata quella che andava a soddisfare nella maniera più efficace i seguenti requisiti tecnico-economici:

- Economicità gestionale: il sistema di telecontrollo realizzato deve essere in grado di ridurre in modo significativo i costi intesi come:
  - costo Hardware necessario per realizzare l'RTU;
  - costo dell'ammontare di dati necessari ai fini del telecontrollo;
  - costo dell'overhead dei dati necessario per la gestione del servizio in termini di sicurezza (VPN) e per la verifica della presenza di stazioni sulla rete (Time To Live);
  - il centro di controllo non deve, quindi, ricevere aggiornamenti dei dati se non vengono registrati cambiamenti significativi nelle variabili di processo. I dati devono essere, quindi, inviati direttamente dalla RTU in campo secondo criteri impostabili e non richiesti mediante operazioni di polling da parte del centro di controllo.
- Elevata sicurezza informatica: i dati che transitano sulla rete devono essere criptati e le periferiche installate presso i singoli nodi protette da accessi non autorizzati.
- Autonomia di automazione in campo: nel rispetto di una logica di intelligenza distribuita, i controllori in campo devono essere in grado di eseguire i tasks di automazione, secondo diverse strategie prestabilite, variabili nel tempo, ed in grado di auto apprendere dal campo la modalità di controllo, anche in assenza temporanea di comunicazione con il Centro.
- Invio di notifiche di eventi ed allarm i: il personale di gestione deve essere in grado di ricevere la notica di eventi ed allarmi secondo diverse modalità (SMS o email) e, quindi, di poter intraprendere tempestivamentel e necessarie e conseguenziali attività di intervento.
- Post-elaborazione dei dati al centro di controllo: gli operatori del Centro di Controllo, mediante l'utilizzo di adeguati SW di analisi, devono essere in grado di elaborare i dati ricevuti dal campo, di valutare le prestazioni del sistema e di variare, se necessario, i set-points di funzionamento dei diversi algoritmi di automazione al fine di ottenere l'optimum gestionale.
- Teleassistenza: eventuali modifiche minori all'RTU in campo devono essere possibili da remoto sfruttando la rete di comunicazione installata per il telecontrollo.

Per soddisfare alle richieste del cliente si è deciso di creare una rete VPN basata su tecnologia di comunicazione GPRS (General Packet Radio System), sistema oramai robusto ed affidabile. In alcune installazioni si è verificata la possibilità di passare alla tecnologia UMTS (HSDPA) che offriva indubbi vantaggi in termini di teleassistenza, in quanto garantiva una banda più ampia nel caso di scambio di grandi quantità di dati. Purtroppo la rete del provider scelto dalla PU non disponeva ancora di una copertura tale da poter considerare soddisfacente l'utilizzo della nuova tecnologia. Per l'implementazione della rete VPN si è optato per l'utilizzo dell'OPEN VPN, in questo modo si è installata una rete criptata, con protocollo a 128 bit, mediante la semplice installazione di un SW dedicato sul server installato nel centro di controllo con indubbi vantaggi dal punto di vista dell'installazione, della manutenzione e di upgrade futuri.

Per il trasferimento delle informazioni si è scelto il protocollo STANDARD IEC 60870-5-104, protocollo dedicato alle applicazioni di telecontrollo, normato a livello internazionale e non proprietario, che implementa in modo nativo la maggior parte dei requisiti di un sistema di telecontrollo di nuova generazione, quali, ad esempio, la bufferizzazione locale dei dati con time-stamp, la gestione automatica delle disconnessioni accidentali con il Centro di Controllo con gestione degli errori in trasmissione, l'invio di telecomandi con time-stamp e l'invio dei dati al centro di controllo in modo ottimizzato per la comunicazione via GPRS.
Le segnalazioni di anomalie verso il personale in campo vengono eseguite sia via SMS che via



email e vengono inviate sia dall'RTU stessa che dal Centro di controllo che, per struttura architetturale, risulta essere sempre connesso all'RTU stessa e quindi sempre in condizioni di ricevere segnalazione di anomalie dal campo.

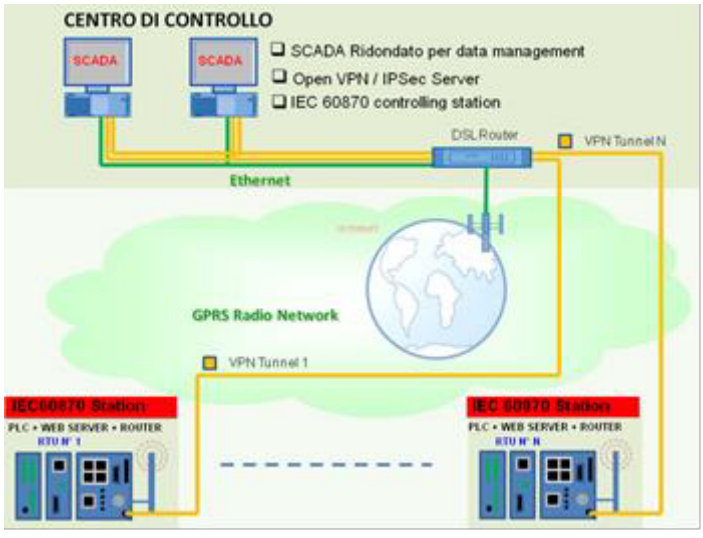
L'installazione delle RTU in campo, è stata preceduta da un anno di test e prove su siti campione, dove si è valutata l'effettiva bontà della soluzione adottata, verificando la presenza di tutti i dati attesi in qualsiasi condizione di comunicazione, simulando quindi cadute accidentali ed improvvise della rete GPRS e fault delle varie parti in campo.
L'architettura generale del sistema si è basata sulle seguenti componenti.

In campo:

- PLC per l'automazione ed il controllo del processo; le valvole di regolazione installate in campo vengono così gestite mediante PID a tre stati direttamente dal PLC sulla base di curve di apertura e chiusura liberamente impostabili dal Centro di Controllo ed inviate in modalità sicura ai nodi in campo.
- FP Web Server, dispositivo che consente la comunicazione secondo lo standard IEC 60870 -5-104, la gestione del protocollo Modbus TCP, l'invio di e-mail di notifica in caso di problemi legati al controllo sul campo e la possibilità di accedere al nodo mediante pag. HTML anche in modalità HTTPs.
- Modem-router GPRS che consente la comunicazione tramite GPRS, la gestione del tunnelling tramite OpenVPN e l'invio di notifiche tramite sms qualora la connessione ad internet venisse interrotta.

Presso il Centro di Controllo:

- 2 server in configurazione ridondata; su tali servers risiedono i software di monitoraggio e telecontrollo dei nodi idrici.
- Un applicativo SCADA con funzionalità dedicate al Pressure Management.




Nel case history presentato sono state evidenziate le caratteristiche che devono essere soddisfatte per la realizzazione di un telecontrollo dedicato alle Public Utilities della Water Industry. In particolare, per quanto riguarda la security, tutti i dati sono trasmessi dalle stazioni remote verso il centro di controllo su Vpn criptata con protocollo 128 bit: i dati e i comandi, quindi, non possono essere decodificati senza l'apposito certificato digitale, così come l'accesso a eventuali pagine Html è permesso, per le parti di comando, solo mediante password su protocollo Https. I vantaggi in termini di efficienza sono altrettanto tangibili: il controllo delle pompe, eseguito dalla

stazione remota per la distribuzione dell'acqua all'interno dei centri urbani, è realizzato mantenendo monitorata la pressione e i consumi previsti, evitando così la mancanza di servizio e razionalizzando la risorsa disponibile. Il tutto viene eseguito mediante il protocollo IEC60870 che garantisce un'alta affidabilità nell'invio dei dati al centro di controllo. Conseguentemente, le perdite dovute al degrado della rete idrica sono minimizzate e agli utenti è garantito un servizio minimo in termini di portata e pressione. L'esperienza ed il know-how maturati, lo sforzo proteso a soddisfare le differenti richieste delle PU in termini di connettività e tipologia dei dati da gestire, l'utilizzo di tecnologia robusta e dedicata ad ambiti industriali ad alta criticità, hanno permesso fino ad oggi il raggiungimento di risultati sicuri e affidabili.

**Soluzioni wireless Bluetooth IP67 per la gestione degli I/O**

Indipendentemente dal settore di utilizzo, alcune tipologie di macchina, necessariamente hanno parti meccaniche fisicamente dissociate tra loro e in continuo movimento. Indubbiamente affinché la medesima macchina svolga le piene attività di lavorazione secondo i criteri di progettazione, le diverse funzioni devono essere gestite da un'unica unità centrale. Basti pensare a tipologie di macchine come centri di lavoro o unità di assemblaggio. In questi casi, diventa complesso realizzare il cablaggio elettrico e la relativa manutenzione a cui lo stesso è soggetto, essendo in continuo movimento fisico con le operazioni cicliche della macchina. La problematica relativa alle operazioni di manutenzione, si accentua notevolmente quando si parla di un impianto completo di produzione, come può essere una linea di assemblaggio.
In questo caso, sono presenti diverse macchine e o unità di assemblaggio che svolgono operazioni distinte ma indubbiamente, collegate tra loro secondo la logica di produzione.
Per rispondere all'esigenza descritta, la soluzione poteva essere trovata unicamente orientandosi verso una soluzione wireless. Indubbiamente, trattandosi di un applicazione di gestione ingressi e uscite a bordo macchina, era indispensabile avere una trasmissione dati wireless sicura, in tempi di comunicazione definiti e con una velocità che rispondesse alle complete esigenze di progettazione in termini di "n° cicli / t" della macchina stessa.

In considerazione anche delle distanze fisiche in gioco limitate, il cliente si è orientato verso una soluzione wireless Bluetooth industriale. Bluetooth definisce un'interfaccia dicomunicazione universale sulla banda ISM libere da licenze dei 2,4Ghz.

L'applicazione di un bordo macchina, difficilmente richiede delle distanze elevate. Tuttavia non essendo applicazioni "free space" ma realizzate in ambiente industriale dove necessariamente si hanno delle barriere fisiche, la trasmissione Bluetooth che si limita ad alcuni milliwatt di potenza, è in grado di coprire uno spazio fino a 50 metri.
Nell'analisi con il cliente, si è optato per una soluzione con grado di protezione IP67 con antenne inglobate nella struttura dei moduli. In questo modo e nel contempo, si è potuto ridurre notevolmente il cablaggio elettrico verso i sensori ed attuatori, garantendo in aggiunta anche la massima flessibilità dell' impianto a bordo macchina. La soluzione adottata, si compone di un modulo gateway che viene configurato come nodo di rete fieldbus e diversi moduli slaves associati allo stesso e ubicati sulla parte di macchina in movimento.

Ai moduli slaves, in grado di elaborare direttamente segnali I/O, sono collegati tutti i segnali di ingresso ed uscita situati nella parte di macchina in movimento. La trasmissione dati al relativo modulo gateway associato, avviene in wireless Bluetooth. Indubbiamente, al di la delle caratteristiche di diagnostica standard della rete fieldbus scelta dal cliente, un aspetto molto importante e richiesto dalla divisione di progettazione tecnica, era di avere una diagnostica sulla trasmissione wireless Bluetooth.

Con la soluzione adottata, oltre a poter diagnosticare il comportamento del singolo I/O dei moduli slaves, il cliente è in grado di monitorare costantemente il livello di qualità di trasmissione wireless Bluetooth del singolo modulo slaves. A tal proposito, al fine di garantire le maggiori performance in termini di trasmissione wireless, la soluzione adottata è stata molto apprezzata anche per la funzione di auto ricerca continua del canale di trasmissione più libero.

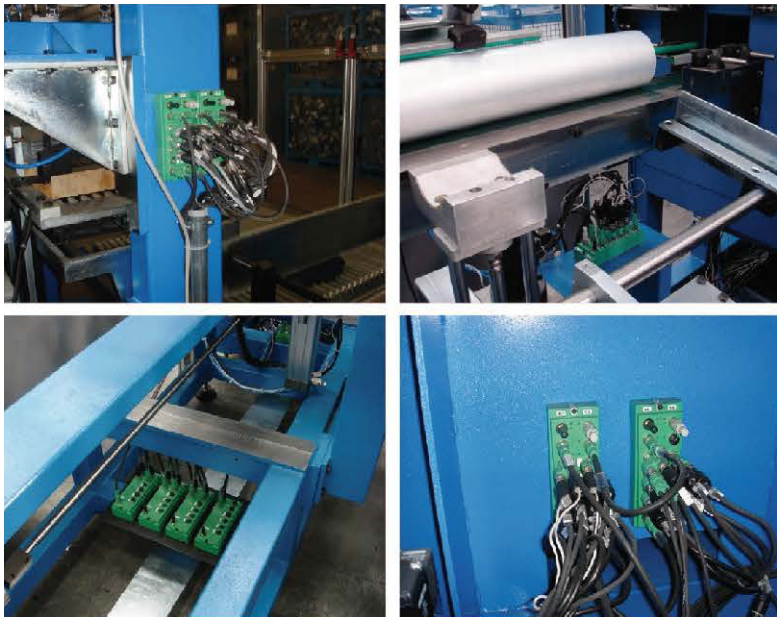
La soluzione ha risposto pienamente a tutte aspettative e in particolare, grazie alle performance della trasmissione wireless dei segnali ottenuta, il cliente non ha modificato la capacità produttiva espressa in "n° clicli / t" della propria macchina che, indubbiamente rappresenta uno dei principali propri punti di forza.
Con la soluzione wireless adottata, in primo luogo il cliente ha potuto riscontrare un grande vantaggio rappresentato dalla semplicità di realizzazione e dall'incremento di flessibilità della propria macchina. Indubbiamente e tra gli aspetti più importanti, ha incrementato il valore aggiunto della sua macchina e o impianto nei confronti dell'utilizzatore finale, soprattutto relativamente alla diagnostica e necessità di manutenzione che una soluzione cablata necessita. L'aspetto manutenzione è indubbiamente un aspetto molto rilevante, in particolare nelle linee complete di produzione dove, ogni singolo arresto della singola macchina provoca un fermo di produzione dell'intera linea.

**Tecnologia Bluetooth in impianti per produzione di tubi metallici**

Il processo di lavorazione di un tipico impianto si sviluppa in tre fasi fondamentali: alimentazione, calandratura e saldatura. Nella fase di alimentazione, i fogli di lamiera, di spessore tra i 0,5 ed i 0,7 mm, vengono disimpilati dal pallet tramite un sistema pneumatico a ventose e trasportato sul piano di precarico della calandra da un attuatore lineare.

E' possibile preparare più pacchi di lamiera (fino a cinque), per dare all'impianto un'autonomia di lavoro di circa un'ora. Nella seconda fase, la calandra provvede ad avvolgere linearmente il foglio di lamiera per ottenere il diametro desiderato. Il tubo calandrato viene quindi trasferito alla stazione di saldatura da un altro trasduttore lineare. Prima della saldatura, speciali ganasce fissano il mantello di lamiera ad un cilindro, in modo da tenerne accostati i lembi con la massima precisione. Questo cilindro presenta nella zona di saldatura una speciale scanalatura con inserti in rame per evitare che il mantello venga saldato al cilindro  stesso.

Nell'ultima stazione della linea, il tubo saldato subisce quindi lavorazioni di finitura, eventuale foratura, rullatura, bucchieratura e formazione della sede della guarnizione, prima dello scarico finale. Tutte le operazioni vengono eseguite in modo totalmente automatico, compreso eventualmente lo scarico finale robotizzato. In una lavorazione come questa, l'elettronica è importantissima per raggiungere la precisione richiesta.



Un terminale touch screen installato sulla macchina permette all'operatore di gestire tutte le funzioni della macchina e di impostare le lavorazioni, scegliendo fra circa 70 'ricette' diverse. La logica di controllo è basata su un PLC, mentre per gestire gli assi della sezione di calandratura sono utilizzati dei motori brushless comandati da inverter.
Completano la configurazione cinque attuatori servocontrollati e due attuatori controllati per i movimenti della testina laser. Per il collegamento degli I/O sono stati utilizzati complessivamente 87 connettori per sensori, tutti avvitati direttamente al terminale di connessione, minimizzando i tempi, i costi di mano d'opera e i possibili errori di cablaggio. La decisione di utilizzare componenti con protocollo Bluetooth per la trasmissione di terminali di segnali e comandi tra PLC e terminali di connessione si poneva come obiettivo quello di ridurre nettamente tempi e costi di cablaggio e di fornire un sistema tecnologicamente avanzato al cliente finale.

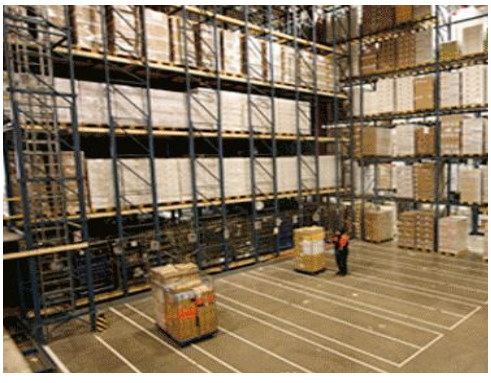
Mentre in precedenza le tre sezioni della linea erano collegate al quadro generale attraverso tre box e il collegamento fra i box e il quadro era basato sul bus di campo Profibus, l'impiego della tecnologia Bluetooth ha permesso di eliminare i box esterni e creare una comunicazione diretta fra i terminali di connessione degli I/O e il quadro generale.

La soluzione utilizzata è composta da una Base Station alla quale sono collegati la rete cablata e, via wireless, sia moduli Bluetooth con protezione IP 67 (con 8 ingressi e 8 uscite digitali) sia moduli Bluetooth IP 20 (con 16 ingressi e 16 uscite digitali, e di 2 ingressi e 2 uscite analogiche 0-10 V o 0-20 mA).

La soluzione ha permesso di ottenere una maggiore flessibilità associata anche a una riduzione dei costi di startup dell'impianto.
La funzionalità ed operatività della soluzione scelta è risultata di piena soddisfazione del produttore e degli utilizzatori di impianti, malgrado le gravose condizioni di esercizio legate soprattutto all'ampia presenza di materiali metallici e al processo di saldatura dei fogli di lamiera.

**Tecnologia Bluetooth per l'automazione di un magazzino**

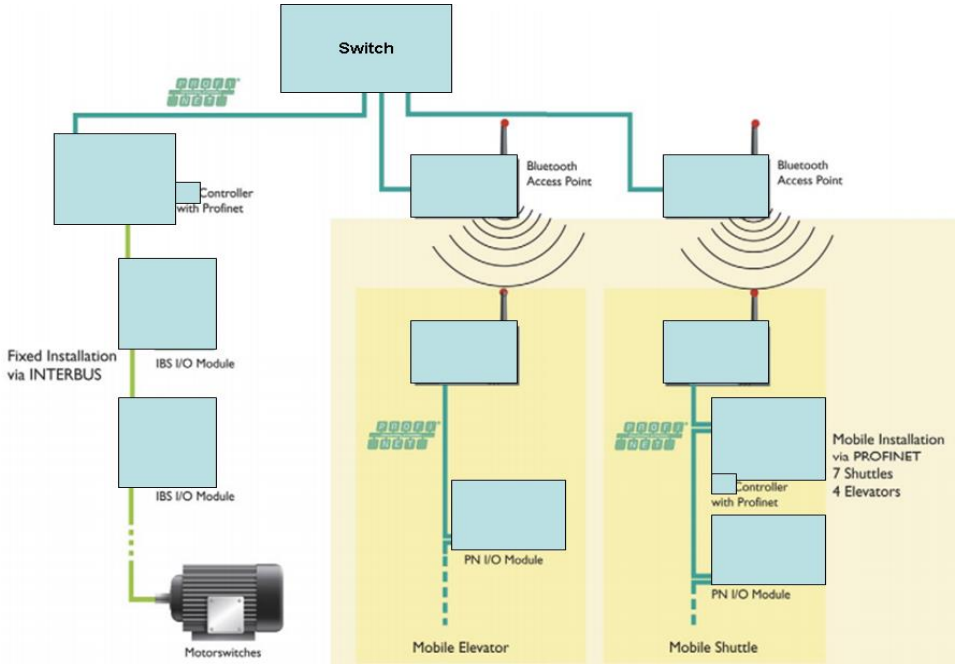
La fornitura di servizi logistici con forte integrazione tra magazzino e trasporto, al fine di fornire servizi logistici customizzati di elevata qualità, richiede le più moderne tecnologie di automazione, ponendo molta attenzione alla soddisfazione del cliente.
Per una gestione efficiente di un nuovo magazzino per prodotti surgelati, con temperature di circa
-20 gradi, è stato installato anche un nuovo sistema di trasporto automatico.
Un sistema esteso e complesso di nastri trasportatori, quattro elevatori e sette navette movimentano i pallet, portandoli nella posizione corretta, senza alcun intervento manuale. Il magazzino è alto 20 metri ed è suddiviso in sette piani. Ogni piano è lungo 62 metri ed ha 37 corsie. In ogni corsia, possono essere stoccati dai dieci ai quindici pallet sul lato destro ed altrettanti sul lato sinistro.
Il centro logistico, dimensionato per potere gestire fino a 25.000 pallet, è in grado di gestire oltre 1.500 movimentazioni al giorno, con pesi di anche 1,5 tonnellate per pallet.



Considerate le dimensioni e la tipologia del magazzino nonché il numero di movimentazioni giornaliere, la richiesta era quella di disporre di un sistema di automazione molto affidabile e che potesse garantire la possibilità di future espansioni. Inoltre, essendo presenti diverse parti in movimento (carrelli e navette) si voleva evitare di dovere ricorrere ad una complessa stesura di cavi, riccrrendo quindi a sistemi di trasmissione wireless basati su tecnologie standard. Un altro elemento da tenere in considerazione è stata la presenza di una rete WLAN esistente, utilizzata per la comunicazione con il sistema di gestione del magazzino, che non avrebbe dovuto subire o creare interferenze con la rete wireless di automazione: in questo caso, la richiesta del cliente è stata quella di avere la certezza che non ci fossero problemi di comunicazione, sulla rete WLAN esistente, causati dalla nuova rete wireless utilizzata per la gestione dei carrelli e delle navette.

L'automazione dell'intero magazzino è stata realizzata utilizzando le reti Interbus e Profinet: Interbus è stato utilizzato per il controllo delle parti fisse mentre Profinet (grazie alla possibilità di utilizzare una trasmissione wireless) è stato adottato per il controllo delle parti in movimento. Infatti, i segnali di una rete Profinet possono essere trasmessi, in modo trasparente, via Bluetooth: a ulteriore dimostrazione di ciò, il consorzio PI ha riconosciuto l'importanza delle comunicazioni wireless e ratificato l'utilizzo delle tecnologie WLAN (IEEE 802.11) e Bluetooth (IEEE 802.15.1) per la trasmissione via Profinet sia di segnali standard che di sicurezza.
In particolare, gli elevatori e le navette sono controllate tramite diverse connessioni Bluetooth punto-punto poste in parallelo: in totale, sono quindi state utilizzate dodici connessioni Bluetooth punto-punto, senza interferenze reciproche e senza interferenze con la rete WLAN utilizzata per la comunicazione con il sistema di gestione del magazzino.
Grazie all'utilizzo della tecnologia Bluetooth, il cliente ha ottenuto i seguenti vantaggi:

- possibilità di utilizzare diversi sistemi Bluetooth in parallelo e nelle immediate vicinanze, senza interferenze reciproche;
- nessuna interferenza con la rete WLAN utilizzata per la comunicazione con il sistema di gestione del magazzino, grazie al meccanismo di coesistenza garantito dal Bluetooth;
- trasmissione robusta anche in condizioni ambientali difficili, grazie alla tecnica a salto di frequenza e all'elevata immunità ai disturbi presenti in ambito industriale;
- il magazzino è in funzione da ormai diversi anni a ritmo continuo, senza problemi di comunicazione.



**Wireless Ethernet è una soluzione di comunicazione sicura e robusta per la lavorazione di polveri agricole**

Un'azienda olandese specializzata nella lavorazione della fecola di patate ha migliorato l'affidabilità di una soluzione basata su collettori rotanti adottando tecnologia wireless di tipo Wi-Fi. Lavorare le polveri di prodotti agricoli infatti sottopone a particolare criticità l'utilizzo di collettori rotanti nella trasmissione dei dati di controllo fra dispositivi in movimento.
Recentemente un sistema, all'interno di uno dei silo di stoccaggio delle polveri, che utilizzava un collettore rotante è stato sostituito con una nuova soluzione basata su tecnologia Wireless Ethernet che ha permesso di mettere in comunicazione in modo affidabile e sicuro (il sistema è ATEX) su EtherNet/IP il controllore PAC e gli I/O di periferia remota ubicati sulla parte rotante, salvaguardando l'applicazione dai tempi di inattività per manutenzione del collettore. Il sistema di trasmissione su collettore ad anelli richiedeva operazioni di manutenzione costanti e prolungate per evitare il degrado della connessione elettriche rotanti causato da normale usura e detriti.

Gli anelli in un collettore sono, infatti, soggetti a movimento continuativo che senza una manutenzione programmata può comportare un decadimento sensibile e rapido della accuratezza della trasmissione fino a compromettere il controllo degli apparati di produzione. La soluzione Wireless è da questo punto di vista più "robusta" di quella su contatti rotanti: non essendoci "contatto" non è più richiesta una manutenzione costante degli equipaggiamenti mobili. Questa è stata la principale motivazione per questo tipo di scelta da parte del nostro cliente: "... la possibilità di rimpiazzare i collettori rotanti nella trasmissione dei segnali di controllo ci ha consentito di eliminare i costi di manutenzione del collettore oltre a migliorare le prestazioni generali del sistema"

Dal punto di vista dell'utilizzatore finale ci sono molteplici vantaggi in questo nuovo sistema. In primo luogo, il costo di un sistema Wireless ethernet è di molto inferiore a quello di uno ad anelli rotanti. In secondo luogo, i brevi tempi di implementazione necessari per la configurazione e l'installazione degli apparati ha drasticamente ridotto i tempi di messa in servizio e di inattività del silo. E, terzo, il silo ora funziona senza problemi di comunicazione e nessuna manutenzione è necessaria per mantenere operativo e al massimo delle prestazioni questo nuovo sistema.

La scelta della tecnologia Wireless adottata per questo silo è caduta sullo standard IEEE 802.11abg (più noto con il nome commerciale Wi-Fi) per le caratteristiche di affidabilità della trasmissione che questo standard fornisce oltre alla costante evoluzione tecnologica, arrivata oggi alla versione IEEE 802.11n.

La previsione di disponibilità (allora) a breve termine di questo nuovo standard ha fortemente orientato il cliente verso la tecnologia WiFi con tutte i vantaggi tecnologici che ciò comporta già oggi: la velocità di trasmissione passa con IEEE 802.11n da 54 Mbps a 300 Mbps mentre gli apparati radio possono operare ad entrambe le bande di frequenze: ng (2.4GHz) ed na (5GHz). Non ultimo bisogna considerare la possibilità di utilizzare antenne multiple (fino a 3) secondo una tecnologia denominata MIMO (Multiple input and Multiple output).

## 7. Le aziende del WG Wireless di ANIE Automazione

Clicca sul logo di ogni azienda per accedere ai rispettivi siti web.


Federazione ANIE
**ANIE Automazione**
Viale Lancetti, 43 - 20158 Milano - Tel. 02 3264.252 - Fax 02 3264.327
anieautomazione@anie.it - www.anieautomazione.it - www.anie.it
www.forumtelecontrollo.it - www.forumeccatronica.it - @ANIEAutomazione