



# INDUSTRIA 4.0

Dott. Antonio Giovanni Lezzi



Quelle: nach [www.dmc.de](http://www.dmc.de)

# INDUSTRIA 4.0

- Introduzione
- Strumenti e Tecniche Produttive
- **Standard e Protocolli di Comunicazione**
- Cloud e Big Data
- Sicurezza e Scenari
- Organizzazione Aziendale

# INDUSTRIA 4.0

- **Protocolli wireless**
- Topologia di rete
- Tipologia onde e segnale
- ZigBee
- Z-Wave
- Bluetooth
- WiFi
- Cellulare
- LPWAN



Dott. Antonio Giovanni Lezzi

# PROTOCOLLI WIRELESS

- Dato che IoT inizia a diffondersi nella nostra realtà sia personale che professionale, le nostre case sono tra i primi luoghi ad esserne interessati
- L'ubiquità delle reti wireless, degli smartphone e della connettività Cloud offre ricche opportunità per i produttori di dispositivi affinché le nostre case acquisiscano valore aggiunto grazie all'utilizzo di apparecchiature domestiche connesse più intelligenti
- Le opportunità creano anche competizione, quindi nel mondo della domotica wireless esiste un'**incredibile quantità di protocolli in concorrenza tra di loro**
- Ma al di là di una tale confusione c'è del metodo in questa follia; non esiste a tutt'oggi un solo protocollo che possa ritenersi ottimale per qualsiasi tipo di utilizzo, ma molti di questi protocolli offrono prestazioni eccellenti per determinate applicazioni nell'ambito IoT

# PROTOCOLLI WIRELESS PER LA DOMOTICA

- Il gadget ideale per una casa veramente smart dovrebbe usare un **trasmettitore wireless e un ricevitore in grado di funzionare con poca energia**, in modo che i **dispositivi possano durare per mesi**, o persino anni, senza aver bisogno di una nuova batteria. I suoi segnali dovrebbero inoltre passare attraverso le pareti e i pavimenti, all'interno e all'esterno dell'abitazione, senza tuttavia interferire con le altre reti wireless
- I **segnali** dovrebbero essere **criptati** per motivi di **sicurezza**, e l'utente dovrebbe poter **aggiungere** facilmente **altri dispositivi alla rete**. Tutte le apparecchiature connesse alla stessa rete dovrebbero anche essere in grado di poter comunicare l'una con l'altra. Infine, **lo standard** dovrebbe permettere di gestire dozzine o centinaia di dispositivi con una singola rete
- Gran parte di questi nuovi standard crea **reti mesh** decentralizzate in cui ogni dispositivo può comunicare direttamente con qualsiasi altro a "portata di tiro". Se due apparecchiature sono troppo lontane, i loro segnali possono passare attraverso quello di sistemi intermedi. I dispositivi possono inoltre collegarsi e scollegarsi dalla rete senza influenzare la potenza complessiva della rete

# PROTOCOLLI WIRELESS PER LA DOMOTICA

- Tuttavia, la maggior parte di queste reti ha bisogno anche di un **dispositivo principale che funzioni come controller** di rete, se questo non dovesse funzionare, un altro apparecchio può subentrare al suo posto
- Le interfacce con smartphone e tablet possono essere gestite dai cosiddetti hub, prodotti disponibili sul mercato che spesso sono compatibili con due o più di questi standard, così come con Wi-Fi o Bluetooth.
- Fortunatamente, molti hub fra i più venduti possono comunicare usando due o più di questi standard, permettendo agli utenti di mischiare dispositivi di marche diverse

# INDUSTRIA 4.0

Protocolli wireless

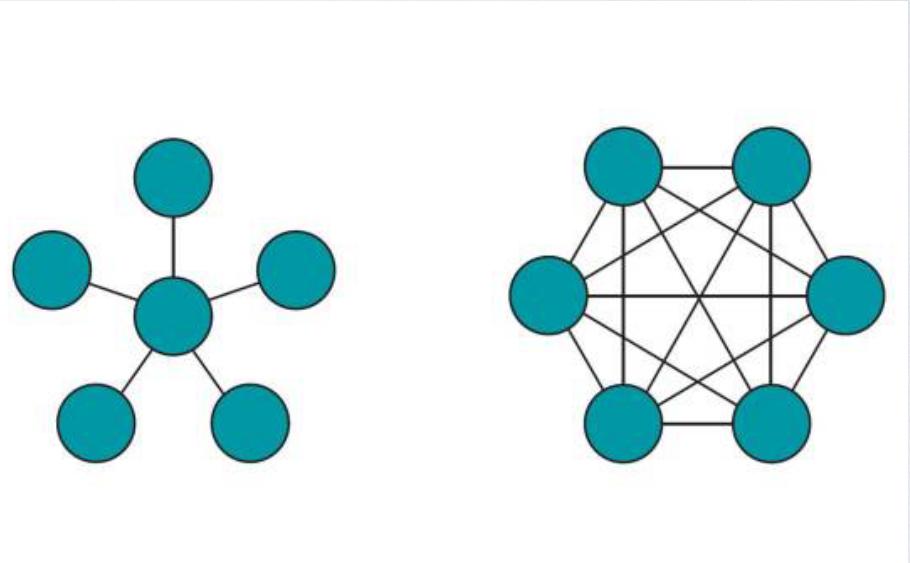
## **Topologia di rete**

- Tipologia onde e segnale
- ZigBee
- Z-Wave
- Bluetooth
- WiFi
- Cellulare
- LPWAN

Dott. Antonio Giovanni Lezzi

# TOPOLOGIA DI RETE

- Le reti wireless possono essere classificate in base alla topologia, laddove le varianti più semplici sono la topologia a stella e la topologia a maglia
- In una rete a **stella**, tutti i nodi sono collegati a un unico nodo centrale, che solitamente fornisce la connessione Internet
- In una rete a **maglia**, invece, ogni nodo può essere collegato a più nodi e la connessione a Internet può essere effettuata attraverso uno o più nodi
- Un esempio tipico è la rete ZigBee Light Link, nella quale diversi apparecchi di illuminazione sono collegati a una rete a maglia per ampliarne la portata.
- Solitamente uno dei nodi ZigBee (coordinatore) funge da gateway Internet



# TOPOLOGIA DI RETE

- Le reti a **maglia** sono più complesse e l'**inoltro di messaggi** può **richiedere molto più tempo** rispetto a una rete a stella
- Per contro, le reti a maglia **offrono il vantaggio di poter essere ampliate attraverso nodi intermedi (detti “hop”)** senza aumentare la potenza dei trasmettitori. Inoltre, ridondanza e affidabilità risultano migliorate grazie al fatto che i messaggi possono seguire diversi percorsi all'interno della rete
- Le reti a maglia possono essere costituite potenzialmente da migliaia di nodi

# TOPOLOGIA DI RETE

- **L'interoperabilità** richiede una **standardizzazione**
- Assicurare l'interoperabilità fra sistemi di comunicazione è una sfida complessa che non può prescindere da una standardizzazione
- Attualmente, tre organizzazioni che consentono l'interoperabilità dei dispositivi con connettività wireless sono Wi-Fi Alliance, Bluetooth Special Interest Group (SIG) e ZigBee Alliance

# TOPOLOGIA DI RETE

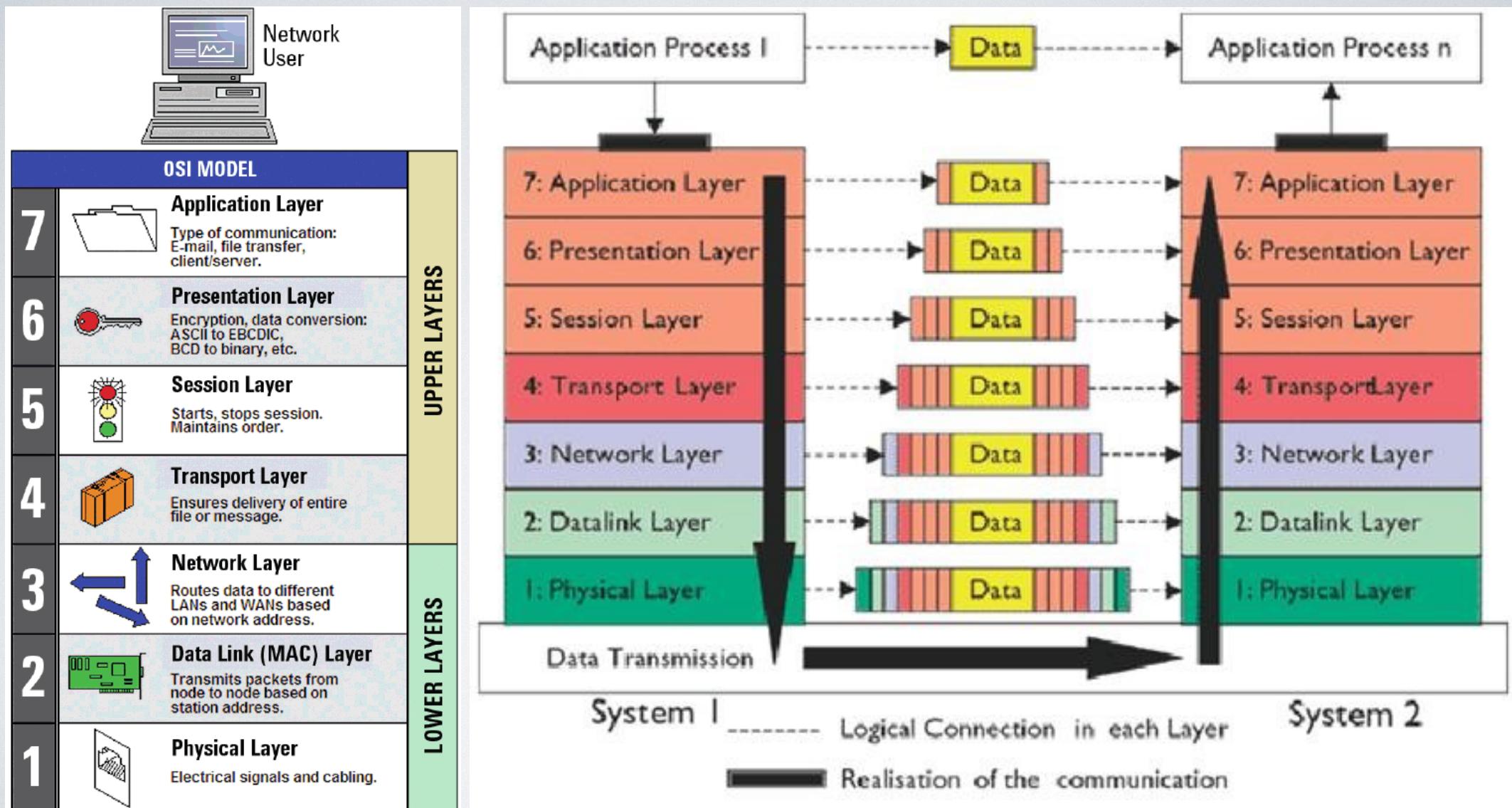
- Con il termine “Internet delle cose” (**Internet of Things** – IoT) si indica l’evoluzione di Internet, da rete di comunicazione per le persone, a rete che connette gli “oggetti intelligenti” (**smart objects**) che popolano gli ambienti che ci circondano, dalla casa, alla città, fino a comprendere tutto il pianeta
- Gli oggetti fisici (**sensori/attuatori**) o virtuali (file) sono indirizzabili in modo univoco, mentre la IoT è basata su protocolli di comunicazione standard.
- Alla fine del 2015 c’erano circa 18 miliardi di oggetti fisici intelligenti e connessi, mentre se ne prevedono circa 50 miliardi per il 2020

# TOPOLOGIA DI RETE

- I settori applicativi della IoT sono innumerevoli e possono essere classificati in due grandi cluster applicativi
- **Massive IoT:** le applicazioni sono caratterizzate da basso costo, basso consumo, e bassa capacità di comunicazione, nonché da un grande numero di dispositivi connessi; trasporti e logistica, ambiente, casa intelligente, città intelligente, agricoltura, ecc.
- **Mission Critical IoT:** le applicazioni sono caratterizzate da alta affidabilità, bassa latenza e alta capacità; automotive, energia (smart grid), medicina, sicurezza, realtà aumentata, automazione della fabbrica, ecc.

# TOPOLOGIA DI RETE

- Dal punto di vista delle architetture di rete vanno distinte le applicazioni radio “**short range**” (Pan, Personal Area Network, fino a 10 m, e le Lan, Local, fino a 100 metri) da quelle “**long range**” (MAN, Metro, fino a 1km, e WAN, Wide, oltre 1 km)
- Nel caso delle applicazioni short range c’è un dispositivo detto **gateway** (piattaforma locale) che coordina il cluster di oggetti intelligenti e provvede alla comunicazione con la piattaforma IoT posta nel Cloud
- Nelle applicazioni long range gli oggetti sono direttamente in comunicazione con la piattaforma **cloud-IoT** attraverso una infrastruttura di stazioni radio poste sul territorio (come nel caso delle reti cellulari).
- Nelle applicazioni short range stanno emergendo vari standard in competizione, quali: Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee, Z-Wave, WirelessMBus. Molto promettente è BLE per l’interazione con gli utenti perché supportato dagli smart phone in particolare per l’automazione della casa e della automobile, mentre ZigBee è stato uno dei primi standard con range fino a 250 metri.





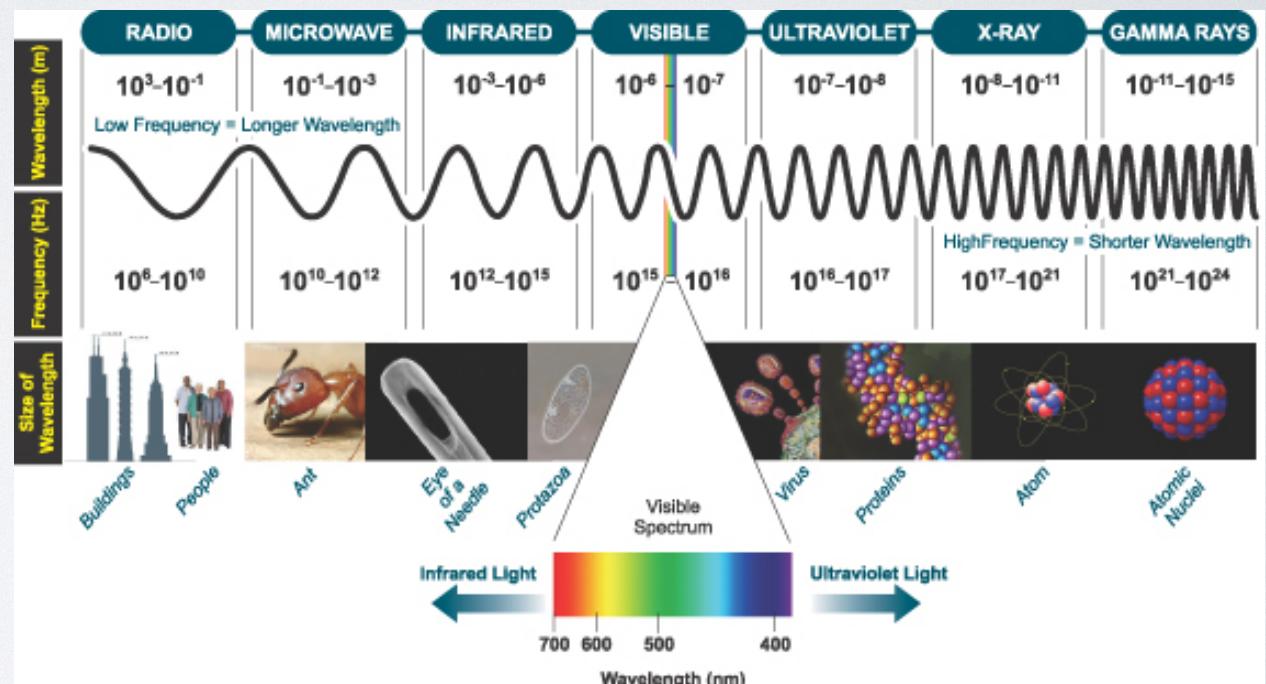
# INDUSTRIA 4.0

- Protocolli wireless
- Topologia di rete
- **Tipologia onde e segnale**
- ZigBee
- Z-Wave
- Bluetooth
- WiFi
- Cellulare
- LPWAN

Dott. Antonio Giovanni Lezzi

# ONDE ELETTROMAGNETICHE

- Lo spettro elettromagnetico indica l'insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche
- Un utilizzo tipico applicativo è nelle telecomunicazioni per veicolare informazione attraverso segnali (portante modulata) sul canale di comunicazione tra mittente e destinatario



# ONDE ELETTROMAGNETICHE

- L'attenuazione non è quella naturale dovuta alla distribuzione dell'energia in un ventaglio sempre più ampio, man mano che ci si allontana dalla sorgente immaginata puntiforme, come avviene con un'antenna isotropa e chiamata in gergo **attenuazione dello spazio libero**
- L'attenuazione è dovuta, invece, all'assorbimento di una parte dell'energia dell'onda da parte del mezzo in cui essa transita, cioè l'aria che contiene sempre polvere, molecole d'acqua in sospensione nelle nuvole, atomi ionizzati, ozono.
- Gli atomi stessi dell'aria in taluni casi determinano di per sé un'attenuazione, basti pensare all'effetto schermante, a tutti noto oggi, dell'ozono nell'alta atmosfera, che ci protegge dai raggi ultravioletti del sole.
- Questi raggi, che sono onde elettromagnetiche come tutte le altre, entrando nell'atmosfera urtano contro le molecole dell'ozono presenti nell'aria e si attenuano fortemente cedendo loro quell'energia che per noi potrebbe essere dannosa, **questo tipo di attenuazione varia molto con la lunghezza d'onda.**
- Basti pensare che quando il cielo è coperto, la radio e la televisione si ricevono lo stesso, cioè le lunghezze d'onda usate per la radio e per la TV sono indifferenti alquanto all'umidità dell'aria, mentre non lo è per niente la luce visibile, tanto è vero che noi vediamo le nuvole, cioè queste sono opache ai raggi luminosi, anch'essi onde elettromagnetiche, ma di lunghezza d'onda diversa

# MODULAZIONE DEL SEGNALE

- Nella modulazione FM, istante per istante, viene fatta variare la frequenza di un segnale ausiliario sinusoidale (detto segnale portante o semplicemente portante) proporzionalmente ad un segnale analogico da trasmettere (segnale modulante) producendo il segnale effettivamente trasmesso (segnale modulato)
- Esistono altre tipologie di trasmissione del segnale AM, PM

# INDUSTRIA 4.0

- Protocolli wireless
- Topologia di rete
- Tipologia onde e segnale
- **ZigBee**
- Z-Wave
- Bluetooth
- WiFi
- Cellulare
- LPWAN

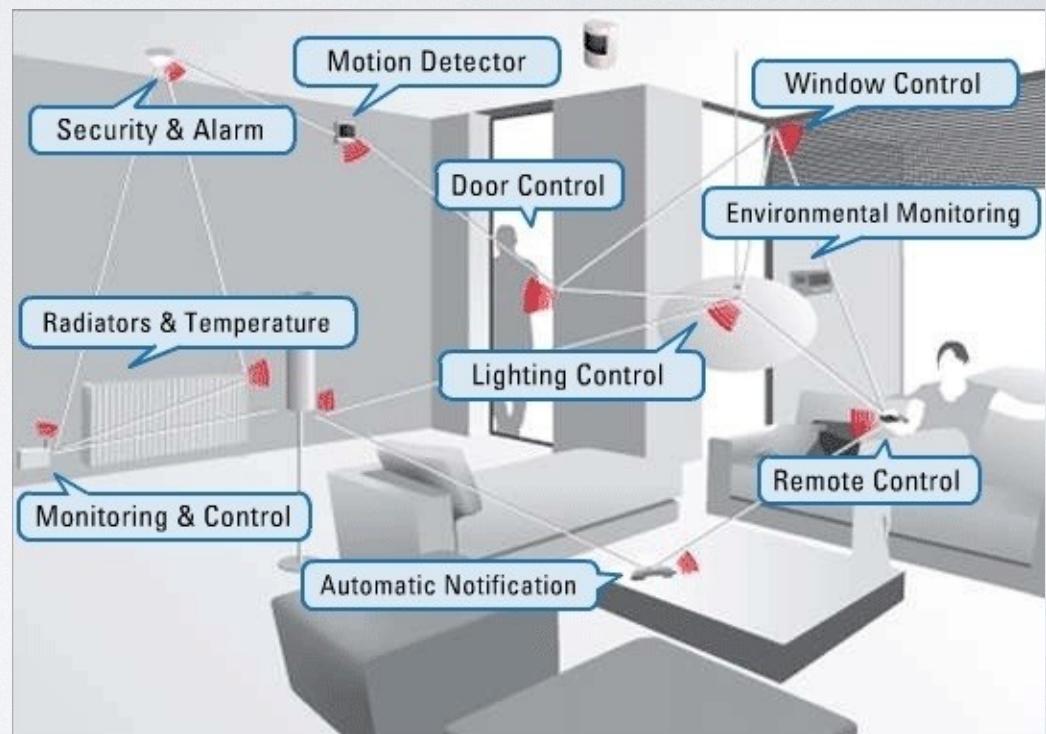


**ZigBee®**

Dott. Antonio Giovanni Lezzi

# ZIGBEE

- Standard aperto realizzato nel 2005 e che utilizza lo strato fisico IEEE 802.15.4, è stato il primo protocollo wireless più importante progettato per l'IoT
- Funziona a **bassa potenza** e con **reti mesh**
- Nonostante siano previsti per funzionare **fino a 100 metri all'aria aperta**, i dispositivi ZigBee raggiungono spesso una **portata inferiore**, poiché il sistema radio è configurato per **l'efficienza energetica** e non per il range operativo
- La struttura a maglie permette alla rete di funzionare oltre la linea di vista, dietro gli angoli, oltre gli ostacoli o su diversi livelli di un edificio
- Il futuro di ZigBee è incerto. La sua efficienza energetica è stata sorpassata dal Bluetooth Low Energy e da diversi protocolli nuovi



# ZIGBEE

- ZigBee funziona sulla frequenza di 915 MHz negli Stati Uniti, che permette di avere un consumo ridotto di energia limitando i dati a 40 kbps, o sulla frequenza 2.4 GHz, che permette di raggiungere fino a 250 kbps ma che potrebbe interferire con altre reti Wi-Fi
- I prodotti ZigBee includono le lampadine intelligenti Philips Hue, l'hub per il controllo domestico Logitech Harmony Ultimate, i rilevatori di movimento di Bosch e le lavatrici Indesit.
- Questo standard funziona bene quando tutti i dispositivi usano lo stesso profilo ZigBee è **economico**, consuma poca energia e la tecnologia mesh è perfetta per l'automatizzazione domestica
- Supporta i dispositivi a **batteria**, alcuni dei quali possono funzionare fino a sette anni con un singolo set di batterie, e dispositivi che invece non ne usano, come gli interruttori della luce

# INDUSTRIA 4.0

- Protocolli wireless
- Topologia di rete
- Tipologia onde e segnale
- ZigBee
- **Z-Wave**
- Bluetooth
- WiFi
- Cellulare
- LPWAN



# Z-WAVE

- Z-Wave è attualmente il protocollo wireless più conosciuto nel mondo della domotica e non accenna a rallentare il passo
- Si tratta di un protocollo wireless proprietario progettato per le esigenze di **bassa potenza e bassa larghezza di banda** relativamente all'Internet delle Cose
- Utilizza lo standard fisico radio IEEE 802.15.4 come anche il sistema di reti mesh, al fine di incrementare il range operativo e migliorare il livello di robustezza della rete
- Il funzionamento alle frequenze sub-1GHz consente a Z-Wave di avere un **segnale robusto e resistente al Bluetooth e alle reti Wi-Fi**
- La topologia della rete Z-Wave è una struttura a maglie in cui ciascun nodo funge da ripetitore, incrementando in tal modo il range operativo e consentendo alla rete di continuare a operare anche nel caso in cui un nodo venga meno
- **Ciascuna rete Z-Wave presenta almeno un controller**, tipicamente un hub connesso tramite Wi-Fi che impedisce comandi in rete e che spesso opera come gateway per Internet

# Z-WAVE

- Trattandosi di un protocollo proprietario, tutti i produttori di dispositivi Z-Wave devono necessariamente utilizzare uno dei **chip SoC**, che consente di implementare gran parte degli sviluppi progettuali sul chip radio senza la necessità di usare MCU esterne, semplificando così lo sviluppo a livello hardware. Lo sviluppo del software avviene tramite un Sdk standard messo a disposizione da Sigma
- Le ultime 500 serie di Z-Wave SoC offrono un **range superiore fino a 150 m, il 50 % di durata in più delle batterie e il 250 % in più di larghezza di banda**, ma mantengono allo stesso tempo la compatibilità con tutti i dispositivi Z-Wave della generazione precedente
- In seguito alla fase di sviluppo, i prodotti devono essere sottoposti a certificazione prima di potervi applicare il logo Z-Wave. Il sistema chiuso implica prezzi leggermente più alti, ma permette anche una facile interoperabilità tra i prodotti Z-Wave
- I segnali di Z-Wave, robusti e privi di interferenze, e l'interoperabilità di livello superiore con più di mille altri prodotti Z-Wave presenti sul mercato incoraggiano una scelta a favore dei dispositivi IoT nel campo della domotica

# SICUREZZA DEI DATI

- Sia Z-Wave sia ZigBee usano la cifratura **simmetrica AES-128**, la stessa offerta da alcune banche online, per proteggere le comunicazioni, e i dispositivi che usano uno di questi standard sono facili da impostare e non richiedono alcun tipo di collegamento tramite cavo
- Nonostante le loro similitudini, ZigBee e Z-Wave non sono compatibili l'uno con l'altro. Dal punto di vista del cliente finale è difficile scegliere uno o l'altro, anche se le due aziende ovviamente hanno un parere diverso.
- I dispositivi Z-Wave non possono essere usati al di fuori dei paesi a cui sono indirizzati a causa delle frequenze radio differenti – per esempio, i dispositivi Z-Wave sviluppati per il Nord America non si collegheranno a quelli concepiti per l'Australia.
- Lo standard Z-Wave è anche relativamente lento, con velocità di trasmissioni di dati che arriva fino a 100 kilobit al secondo (kbps). In confronto, il suo rivale ZigBee può arrivare fino a 250 kbit con determinate frequenze, mentre l'ultima versione del Wi-Fi, che consuma molta più energia rispetto a ZigBee o Z-Wave, può raggiungere 1 gigabit al secondo – 1 milione di kbps.

# Bluetooth<sup>TM</sup>

INDUSTRIA 4.0

- Protocolli wireless
- Topologia di rete
- Tipologia onde e segnale
- ZigBee
- Z-Wave
- **Bluetooth**
- WiFi
- Cellulare
- LPWAN



Dott. Antonio Giovanni Lezzi

# BLUETOOTH LOW ENERGY

- Bluetooth Low Energy, entrato in scena nel 2010, è parte integrante della specificazione Bluetooth 4.0
- Con il Bluetooth integrato nei sistemi operativi Android e iOS, il supporto al BLE è già integrato negli smartphone odierni, rendendolo un protocollo interessante per i dispositivi dei clienti, tra cui la domotica
- Mentre per quei dispositivi che fanno uso di altri protocolli IoT è necessario accedere tramite un gateway
- Diversamente dal Bluetooth tradizionale, progettato per il flusso di dati, **Bluetooth Low Energy è ottimizzato per la comunicazione a bassa larghezza di banda, non frequente e a impulsi**, si presta bene per la trasmissione delle informazioni dei sensori e del controllo
- Il BLE può essere molto efficiente dal punto di vista energetico infatti permettono di raggiungere cicli di batteria dell'ordine di settimane, mesi o anche anni

# BLUETOOTH LOW ENERGY

- La topologia BLE più nota è il tipo di **connessione master-slave** e in una topologia master-slave, un dispositivo BLE master può connettersi a slave multipli, ma un solo slave riesce a connettersi a un solo master
- Questa topologia è molto adatta per **reti asimmetriche di piccole dimensioni**, come uno smartphone e le relative periferiche
- La topologia master-slave è meno adatta per la connessione di una grande quantità di dispositivi in una rete in area locale. Oltre alle connessioni master-slave, i dispositivi Bluetooth Low Energy possono comunicare anche mediante trasmissione dei dati a dispositivi vicini. In questo modo, un dispositivo **Ble trasmette a un numero illimitato di dispositivi in ascolto**
- Per esempio, un termostato potrebbe servirsi di questa modalità per trasmettere le informazioni sulla temperatura a intervalli regolari

# BLUETOOTH LOW ENERGY

- Trattandosi di un protocollo molto conosciuto, i chip BLE sono scesi nel prezzo e sono quindi molto abbordabili. Molti chip Ble hanno un design SoC con un processore applicativo integrato, consentendo un'integrazione semplice e a basso costo di dispositivi e sensori IoT efficienti a livello di potenza
- L'ubiquità del Bluetooth Low Energy negli smartphone lo rende perfetto per i dispositivi di **domotica** e la sua efficienza energetica lo rende anche interessante per la comunicazione M2M
- **Utilizza il salto di frequenza adattativo per evitare interferenze**, così da poter coesistere con altri protocolli come Wi-Fi; si consideri tuttavia che il Ble **non è un protocollo con rete mesh**, quindi il range dipende dalla potenza radio e dagli ostacoli ambientali.

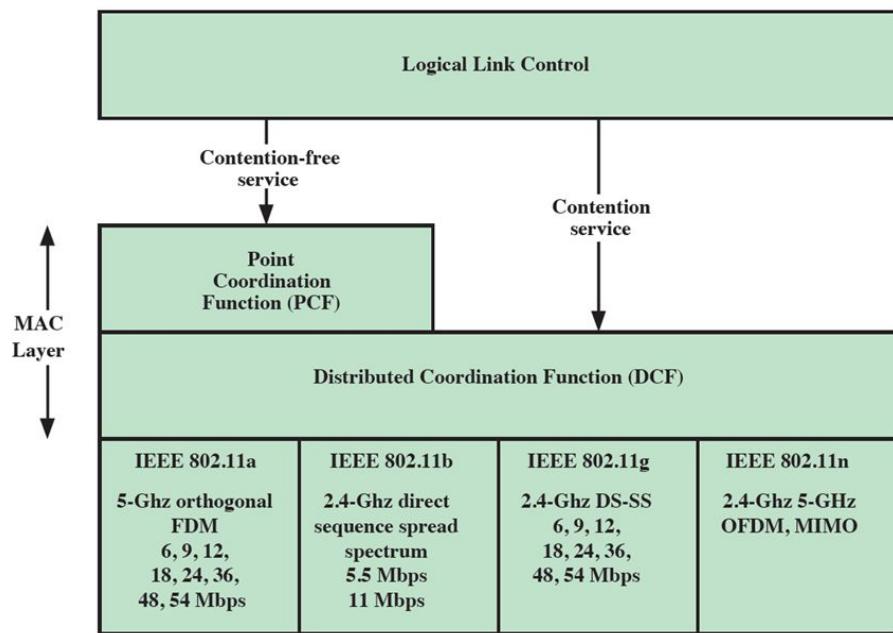
# INDUSTRIA 4.0

- Protocolli wireless
- Topologia di rete
- Tipologia onde e segnale
- ZigBee
- Z-Wave
- Bluetooth
- WiFi
- Cellulare
- LPWAN

# WIFI

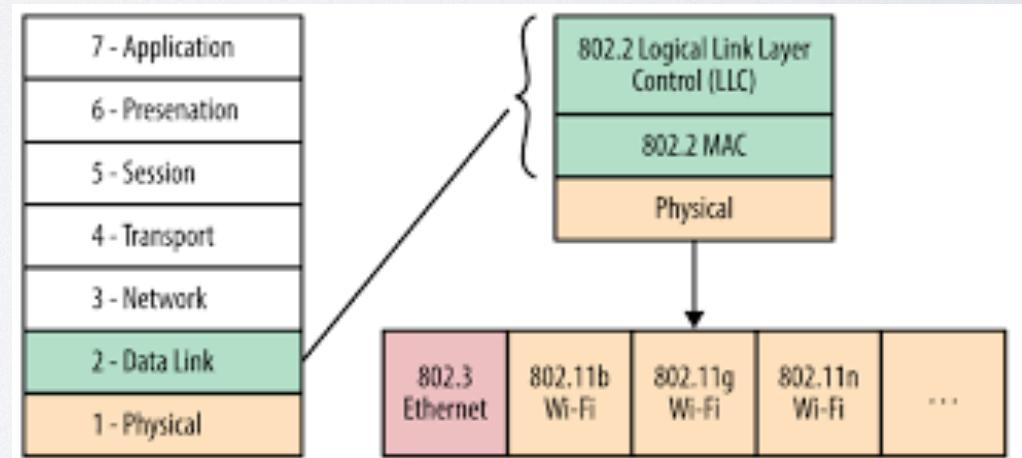
- Il Wi-Fi, rispetto ad altri protocolli, **non è mai stato concepito per la domotica e non è efficiente a livello di potenza per applicazioni a bassa larghezza di banda**; ma rimane comunque un protocollo di domotica di enorme importanza perché la rete wireless è presente praticamente in ogni abitazione
- I dispositivi Wi-Fi, invece di dover creare una propria rete, possono trarre **vantaggio dalle reti esistenti**
- Uno svantaggio del Wi-Fi, oltre al problema dell'efficienza energetica, è dato anche dal fatto di avere uno **stack relativamente grande**, richiedendo maggiore memoria e potenza di calcolo rispetto ad altri protocolli
- Per quanto riguarda i dispositivi che hanno risorse sufficienti a tale scopo, l'ubiquità delle reti wireless e la loro natura a base IP fa del supporto Wi-Fi una delle soluzioni migliori per garantire una facile connettività e interoperabilità con gli utenti finali

# IEEE 802.11 Protocol Stack



19

TABLE 1: WLAN PHYSICAL LAYER EVOLUTION				
Year	Standard	Peak PHY rate (Mb/s) Including optional modes	Typical access point	Key technology
1997	802.11	2	2	Spread spectrum
1999	802.11b	11	11	CCK, spread spectrum
1999	802.11a	54	54	OFDM
2003	802.11g	54	54	OFDM
2009	802.11n	600	300-450	MIMO OFDM, wide bandwidth (40 MHz)
2013	802.11ac	6933	1300-3466	DL MU-MIMO, wide bandwidth (80 and 160 MHz)



# INDUSTRIA 4.0

- Protocolli wireless
- Topologia di rete
- Tipologia onde e segnale
- ZigBee
- Z-Wave
- Bluetooth
- WiFi
- **Cellulare**
- LPWAN



# RETI CELLULARE

- Un sistema di comunicazione con mezzi mobili (o anche sistema radiomobile) è un sistema di telecomunicazioni **in cui è possibile mantenere la connessione o il collegamento tra due o più utenti** anche in situazioni di mobilità totale o parziale degli utenti stessi
- Un sistema radiomobile elementare può essere schematizzato come:
- **un trasmettitore centrale**, in genere fisso, detto stazione radio base (base transceiver station, **BTS**), impiegato per instaurare le connessioni tra gli utenti e collegato con il resto della infrastruttura di rete;
- uno o più **terminali utente mobili** detti anche mobile station (**MS**)



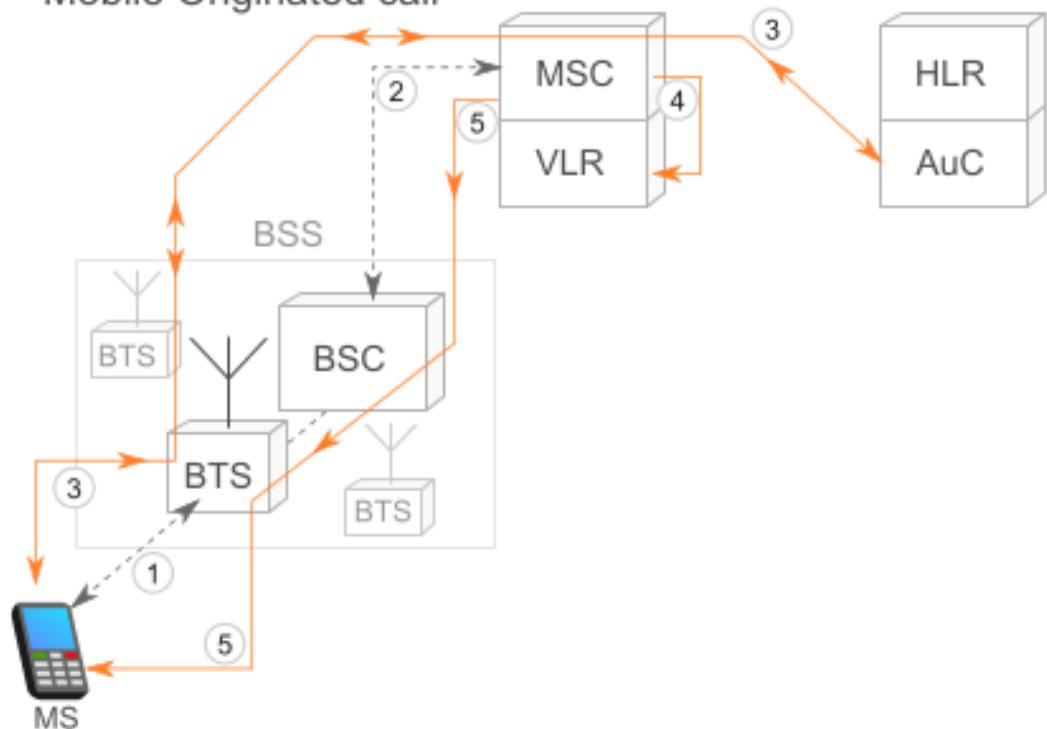
# RETI CELLULARE

- Il passaggio tra due celle adiacenti è trasparente per l'utente, in quanto la rete fissa di controllo provvede automaticamente ad assegnare un nuovo canale (con frequenza portante diversa) che sarà mantenuto all'interno della cella di arrivo
- Questa operazione di sostituzione del canale prende il nome di **handover o handoff** e può essere gestita sostanzialmente in due modi:
  - sulla base di misure realizzate esclusivamente dalla parte fissa della rete (BTS e rete di controllo): in questo caso, l'handoff avviene nel momento in cui il livello del segnale ricevuto da una BTS adiacente a quella componente è maggiore di quello della BTS di competenza
  - con la partecipazione del terminale mobile, che genera dati utili trasmessi su un canale di servizio: in questo caso, si ha un handoff assistito (come nel caso del GSM).

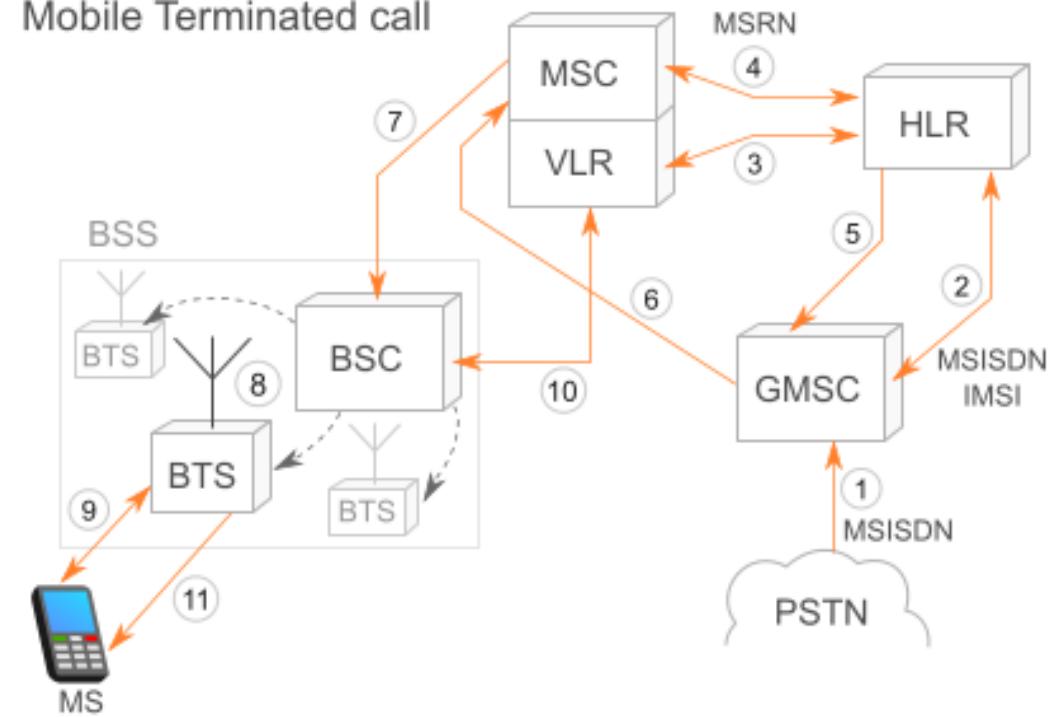


## Voice Calls in GSM Networks

Mobile Originated call



Mobile Terminated call



# INDUSTRIA 4.0

- Protocolli wireless
- Topologia di rete
- Tipologia onde e segnale
- ZigBee
- Z-Wave
- Bluetooth
- WiFi
- Cellulare
- **LPWAN**

# LPWAN

- Esistono oggi opzioni sempre più interessanti per implementare collegamenti di tipo wireless nelle reti di sensori e in numerose altre applicazioni Internet of Things
- Per un decennio o forse più, le reti di telefonia mobile (cellulari) hanno rappresentato l'unica tecnologia di comunicazione wireless universale disponibile per produttori e operatori di apparecchiature M2M in grado di garantire una copertura praticamente globale in ogni regione abitata del pianeta.
- Tutte queste tecnologie per telefoni mobili evidenziano svantaggi non indifferenti per gli utilizzatori di apparecchiature M2M: la velocità di trasmissione dati è molto più elevata rispetto a quella richiesta da un gran numero di applicazioni M2M per cui i moduli cellulari integrati nelle apparecchiature IoT sono sovra-specificati e quindi troppo costosi per tali applicazioni
- L'utilizzo di una rete di telefonia mobile per garantire la copertura wireless universale risulta costoso. Gli utenti hanno ora la possibilità di scegliere tra due nuove tipologie di reti Wan (Wide Area Network) ciascuna delle quali garantisce sensibili risparmi in termini di costi rispetto alle reti di telefonia mobile

# LPWAN

- **Bassi consumi abbinati a una copertura geografica:** le reti devono rientrare in una nuova categoria di rete universale denominata Lpwan (Low-Power Wide-Area Network) pubblica
- La topologia di reti è la stessa di quella utilizzata dalle tecnologie per telefonia cellulare, ovvero del tipo a stella con una stazione **Bts** (Base Transceiver Station) al centro
- Una rete **Lpwan** adotta uno schema di modulazione che "penalizza" la velocità di trasmissione dati (throughput) al fine di garantire una maggiore tolleranza nei confronti delle interferenze e dell'attenuazione del segnale
- In questo modo la potenza di trasmissione (in uscita) potrà essere molto bassa. Nello stesso tempo la tecnologia richiede ricevitori caratterizzati da una sensibilità molto elevata al fine di mantenere una connessione in presenza di segnali di ingresso relativamente deboli

# LPWAN

- A differenza di una rete di telefonia mobile, una rete Lpwan è ottimizzata per l'utilizzo in applicazioni M2M e IoT, che **richiedono bassi consumi e ridotta velocità di trasferimento dati**, una cella Lpwan può garantire un'ampia copertura, potenzialmente persino superiore rispetto a quella di una cella di telefonia mobile, utilizzando una potenza inferiore.
- Le nuove tecnologie Lpwan operano a frequenze in cui gli operatori di reti Lpwan **non devono acquistare costose licenze per l'assegnazione di bande dello spettro radio**
- Le due tecnologie Lpwan si propongono sono **SigFox e LoRa**

# SIGFOX

- La rete pubblica SigFox copre Francia, Spagna, Gran Bretagna e Paesi Bassi
- SigFox è una tecnologia a **banda stretta** (narrowband o addirittura ultra-narrowband). Usa uno standard di trasmissione radio chiamato **BPSK** (Binary Phase Shift Keying) che utilizza una porzione molto piccola dello spettro radio. Questa scelta **minimizza l'effetto del rumore sulla comunicazione** e permette di utilizzare apparati (endpoint) più semplici ed economici ma richiede l'utilizzo di gateway/basestation/accesspoint molto più sofisticati e costosi
- È sostanzialmente una comunicazione asimmetrica perché in un sistema SigFox il numero di trasmissioni giornaliero è limitato a 140 messaggi in uplink, ciascuno composto da un massimo di 12 byte, e a soli 4 messaggi in downlink, composti da un massimo di 8 byte, la latenza è dell'ordine di 3-5 ms
- È adatta all'uso in applicazioni che prevedono una trasmissione occasionale di piccoli pacchetti di dati, in cui quindi il sistema resta per lunghi periodi in uno stato di inattività (power-down) al fine di preservare la durata della batteria

# LORA

- La rete LoRA (abbreviazione di **Long Range**) universale è differente da quello seguito da SigFox è in grado di variare la lunghezza del cosiddetto fattore di spreading (compreso tra 6 e 12 bit) e l'ampiezza di banda in funzione della bit rate (ovvero il numero di bit trasmessi al secondo) richiesta nel range compreso tra 20bit/s a 41kbit/s
- Tecnologia realmente innovativa che fissa un nuovo punto di riferimento in termini di distanza di trasmissione e di consumi di potenza, la tecnologia LoRa adotta uno schema di modulazione digitale completamente asincrono
- A differenza di SigFox, la tecnologia LoRa **può essere utilizzata in reti sia private sia pubbliche**
- Pubblica o privata che sia, una rete LoRa richiede la presenza di un concentratore posto al centro della topologia a stella mentre la comunicazione è bi-direzionale alternata (half duplex) in modo nativo. Il numero di nodi collegati a un concentratore dipende dall'applicazione e, più precisamente, dal numero di pacchetti che devono essere trasmessi in un determinato periodo di tempo
- LoRa invece utilizza una tecnologia chiamata Spread Spectrum con un maggiore utilizzo di banda, banda larga significa però molto più rumore, deve utilizzare quindi hardware tendenzialmente più costoso in grado di filtrare in modo efficiente il segnale. Il vantaggio però è che questo hardware può essere utilizzato indifferentemente su tutti i dispositivi (**non vi è differenza tra endpoint e basestation**).

# Networking Layer Comparison

	TCP/IP Protocol Stack	Z-Wave	ZigBee	6LoWPAN
Application	HTTP, RTP, FTP, etc.	Device & Command Classes	Application Profile(s)	HTTP
Transport	TCP    UDP    ICMP	Routing Layer	Application Support SL	UDP    ICMP
Network	IP	Transfer Layer	NWK Layer	IPv6 with 6LoWPAN
Data Link	Ethernet MAC	Proprietary MAC	IEEE802.15.4 MAC	IEEE802.15.4 MAC
Physical	Ethernet PHY	Proprietary PHY	IEEE802.15.4 PHY	IEEE802.15.4 PHY

