



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE

---

Corso di Laurea in Ingegneria elettronica

Dipartimento di (DPIA) Dipartimento Politecnico di Ingegneria e  
Architettura

Tesi di Laurea

LORA AND IOT

Relatore:  
Prof. Antonio Abramo

Laureando:  
Enrico Tolotto

Correlatore:  
Prof.

---

Anno Accademico 2016/2017.



## Sommario

La richiesta di device dotati di una connessione wireless è in continuo aumento, seguendo il trend del *Internet delle cose*(IoT). Questa continua crescita ha portato alla creazione di nuove tecnologie, le quali sono in competizione per aggiudicarsi la maggioranza del mercato. In questo campo le cosiddette (LPWAN) *Low Power Wide Area Networks* sono in forte aumento, grazie alla loro connettività a lungo raggio sfruttando bande di frequenza libere. Questa tesi si focalizzerà sulla tecnologia LoRa<sup>™</sup>, implementata attraverso l'utilizzo del framework open-source Kura<sup>™</sup> sviluppato da Eurotech<sup>™</sup>.



# Note

■ Completare e riscrivere . . . . .	2
■ Aggiungere qualche altro esempio . . . . .	2
■ Trovare termine per multipath . . . . .	2



# Indice

<b>Indice</b>	<b>v</b>
<b>Elenco delle figure</b>	<b>vii</b>
<b>Introduzione</b>	<b>ix</b>
<b>1 LPWAN e Lora</b>	<b>1</b>
1.1 LPWAN . . . . .	1
1.2 Lora . . . . .	2
1.3 CSS . . . . .	2
<b>Bibliografia</b>	<b>5</b>





# Elenco delle figure

1	Numero di dispositivi per anno . . . . .	ix
2	Comparazione tipologia di reti . . . . .	x
3	Comparazione tipologia di reti . . . . .	xi
1.1	Segnale Chirp nel dominio della frequenza . . . . .	3
1.2	Simbolo codificato col metodo Chirp nel dominio del tempo . . . .	4



# Introduzione

L'Internet delle cose è un termine descrittivo per riassumere una visione di un futuro prossimo nel quale, sempre più dispositivi, riescano ad intercambiare informazione senza l'ausilio umano. "IoT verrà utilizzato" In questa visione di un futuro non troppo lontano, termini quali, intelligent system transport, smart home automation, precision agriculture[2], industrial automation, ecc.

Il mercato di questi *smart devices* è in rapida crescita con una stima di 8,3 miliardi di dispositivi connessi nel anno 2017, e di circa 20 miliardi per l'anno 2020 [1]. Andando ad creare un impatto economico compreso tra i 2.7 e i 14 trilioni di dollari. I mercati principali saranno quelli del health care con un introito compreso tra i 1.1 e i 2.5 trilioni di dollari e il settore industriale con 2.3 a 11.6 trilioni di dollari.

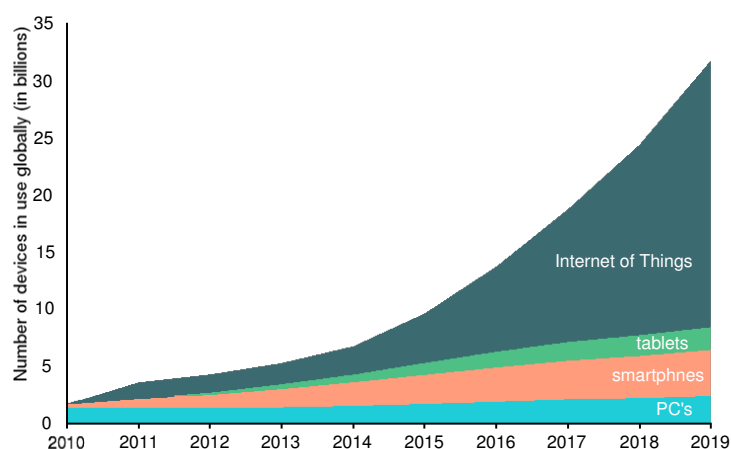


Figura 1: Numero di dispositivi per anno

Questa rapida crescita ha portato alla ricerca e sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche per supportare il carico di dispositivi simultaneamente connessi alla rete, senza avere un degrado evidente delle performance. Per non alterare il *QoS* Quality of Service della rete ed garantire costi non elevati tecnologie come *LPWAN* sono state ideate. I punti chiave per garantire tutto ciò sono

- **Scalabilità:** Dato l'elevato numero di devices connessi, scenari urbani ed industriali, la network tecnologica alla base dovrà essere estremamente adattabile, in maniera dinamica, al carico di dispositivi connessi.
- **Costo unitario:** Il costo del singolo modulo, dovrà essere basso per garantire la più ampia fetta di mercato.
- **Durata della batteria:** La maggior parte dei dispositivi sarà alimentata tramite batteria, e la durata media è stimata di anni.
- **Costo computazionale:** La modulazione alla base di queste nuove tipologie di rete, dovrà essere concepita in modo da non avere un costo computazionale elevato.
- **Distanza:** Un altro punto fondamentale è la possibilità di avere comunicazioni a lunga distanza.

La rete di tipo *LPWAN* è in grado di supportare tutti questi aspetti, le principali tecnologie che già supportano questo tipo di rete son SigFox<sup>TM</sup>, LoRaWAN<sup>TM</sup>, NB-IoT<sup>TM</sup> e Weightless<sup>TM</sup>.

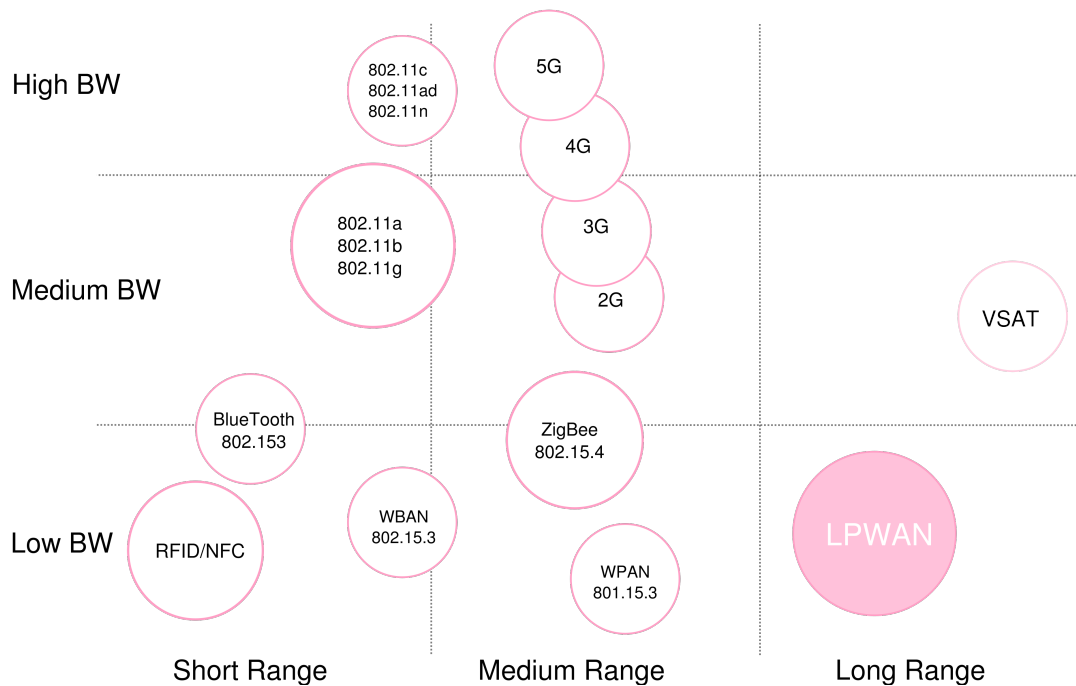


Figura 2: Comparazione tipologia di reti

Con questa tesi si è voluto studiare i casi applicativi della tecnologia Lora<sup>™</sup> nel ambito della agricoltura di precisione, utilizzando il framework open-source Kura<sup>™</sup> messo a disposizione da Eurotech<sup>™</sup>, andando a creare un applicativo OSGI<sup>®</sup> installabile nel framework.



Figura 3: Comparazione tipologia di reti



# Capitolo 1

## LPWAN e Lora

Nel seguente capitolo si approfondirà il concetto di rete *LPWAN* e la sua struttura, andando ad analizzare i vari layer di cui è composta. In particolare si farà riferimento alla tecnologia Lora che implementa questo tipo di rete, andandone ad analizzare i vari componenti, quali

- layer fisico
- la composizione dei pacchetti
- le classi di devices implementati

### 1.1 LPWAN

Tra le varie tipologie di rete emergenti per l'IoT, LPWAN sta riscuotendo sempre più interesse. Questo tipo di rete si basa sulla topologia a stella, la quale permette di avere un elevato numero di devices connessi ad una sola stazione base. Inoltre per la sua struttura LPWAN supporta comunicazioni a lungo raggio risultando adatta per i vari *use-case* del internet of things. I due principali concorrenti che implementano queste tecnologie sono Sigfox<sup>TM</sup> e Semtech<sup>TM</sup> possessore di Lora<sup>TM</sup>. L'implementazione proposta da Sigfox utilizza la Ultra Narrow Band tramite la quale è possibile inviare messaggi con payload lungo 12 *byte* in 6 secondi usando una frequenza di 100[Hz]. Per via delle varie regolazioni, utilizzando la tecnologia Sigfox si ha un numero limitato di messaggi per giorno. Al contrario la tecnologia Lora, implementa *spread spectrum Physical Layer* (PHY) il quale permette una maggiore ricezione andando ad influire sul data-rate possibile

## 1.2 Lora

*Lora* è una tecnologia semi-proprietaria, sviluppata da Semtech. *Lora* è composta da un parte proprietaria detta *Lora*[3] la quale definisce il layer fisico, e una parte libera chiamata LoRaWAN[4].

Completare e riscrivere

## 1.3 CSS

Alla base del layer fisico troviamo la modulazione (CSS), questo tipo di modulazione della frequenza, utilizzata anche in altre applicazioni radio, esempio radar ecc... Questo tipo di modulazione ha numerosi vantaggi quali

- Uno spettro idealmente rettangolare, il quale utilizza tutta la capacità del canale e fornisce un'ottima densità spettrale di potenza rispetto agli altri tipi di trasmissione.
- **Segnali di tipo Chirp** possono essere sovrapposti in modo tale da poter variare il data-rate e l'energia per bit in modo adattativo per aumentare l'efficienza complessiva.
- **Hanno guadagno programmabile**, il quale permette di raggiungere distanze considerevoli mantenendo un buon SNR .
- **Ottima risoluzione nel asse del tempo**, quindi ottimi per coprire lunghe distanze.
- **Immuni al effetto Doppler**
- **Immuni al degenerazioni per effetto di multipath**

Aggiungere qualche altro esempio

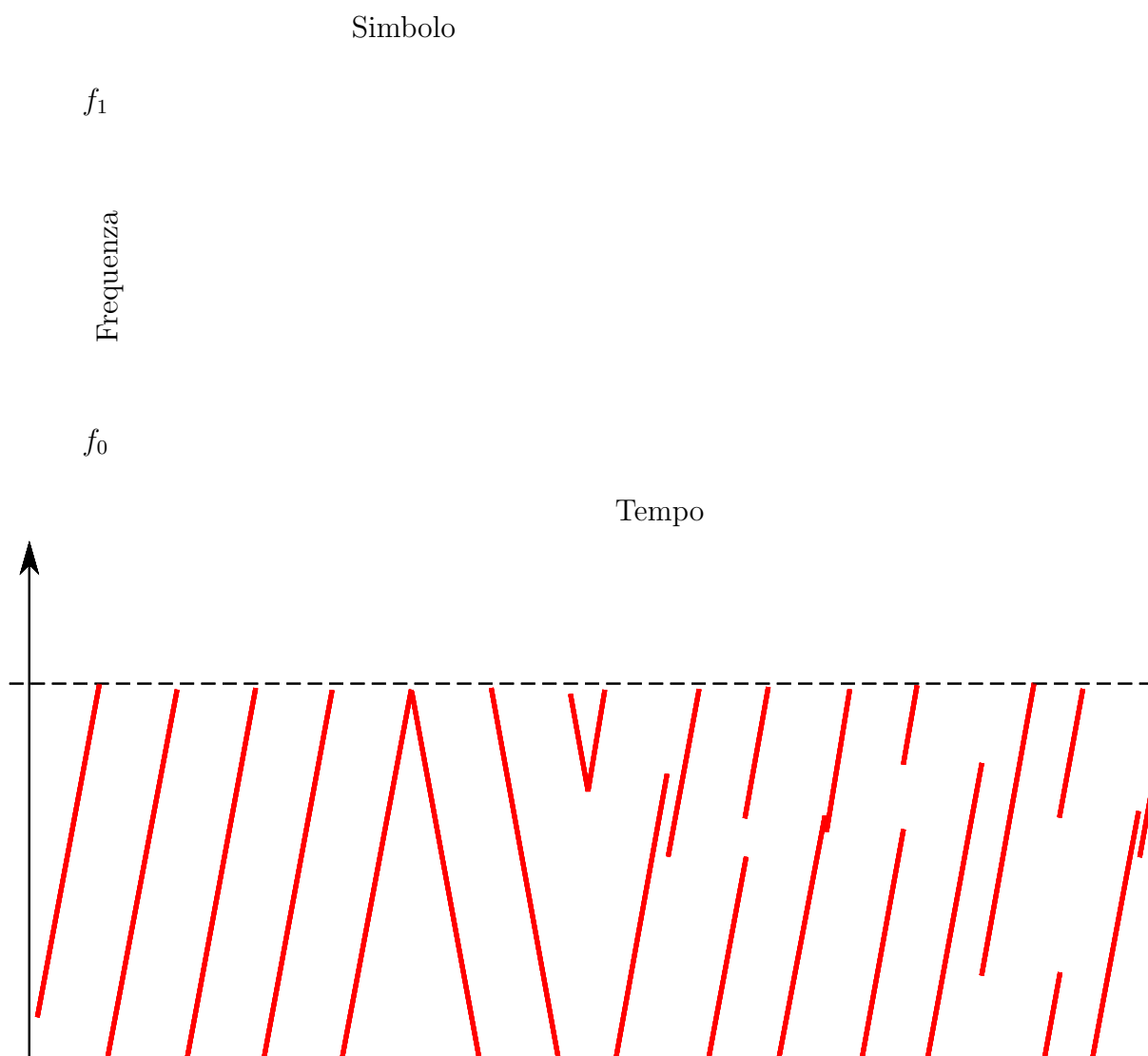
Trovare termine per multipath

Un segnale di tipo *Chirp* assume valori compresi nella banda di frequenza  $B = [f_0, f_1]$ , il suo andamento è di tipo monotono , crescente o decrescente compreso tra le due frequenze  $f_0$  e  $f_1$ .

Il numero di bit codificati in un simbolo è come detto prima un parametro modificabile in base alle varie esigenze.

Modulazione *Chirp Spread Spectrum* (CSS). La banda di frequenze utilizzate è quella ISM. La specifica LoRa definisce LoRaWAN[4], la quale descrive il protocollo (MAC) proprietario. Il MAC layer definisce tre classi di devices, ognuno dei quali ha un diverso use-case.





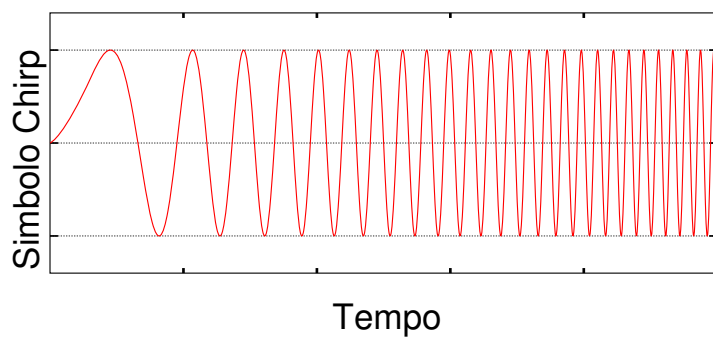


Figura 1.2: Simbolo codificato col metodo Chirp nel dominio del tempo

# Bibliografia

- [1] Gartner. Gartner says 8.4 billion connected 'things' will be in use in 2017, up 31 percent from 2016. *[Online]*, 2016. <http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>.
- [2] Remco Schrijver. Precision agriculture and the future of farming in europe. *Scientific Foresight Study*, 2016. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS\\_STU\(2016\)581892\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf).
- [3] Semtech. An1200.22 lora<sup>TM</sup> modulation basics. *[Online]*, 2015. <http://www.semtech.com/images/datasheet/an1200.22.pdf>.
- [4] Semtech. Lorawan 101 a technical introduction. *[Online]*, 2017. [https://docs.wixstatic.com/ugd/eccc1a\\_20fe760334f84a9788c5b11820281bd0.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/eccc1a_20fe760334f84a9788c5b11820281bd0.pdf).