



University “Name”

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Corso di Laurea in

“Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni”

TESI DI LAUREA

Titolo

Laureando:

Nome Cognome

Relatore:

Ch.mo Prof. Nome Cognome

Correlatore:

Ch.mo Prof. Nome Cognome

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

logo

University “Name”

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Corso di Laurea in

“Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni”

TESI DI LAUREA

titolo

Laureando:

Nome Cognome

Relatore:

Ch.mo Prof. Nome Cognome

Correlatore:

Ch.mo Prof. Nome Cognome

ANNO ACCADEMICO 2016/2017

Abstract

Seguire le linee guida se deve essere scritto in italiano o inglese

Indice

I	Introduzione	3
II	Titolo Capitolo 2	8
II.1	Introduzione	8
II.2	Altra sezione	9
II.2.1	Sotto sotto sezione	9
III	Titolo	10
IV	cap 4	11
V	Cap5	12
VI	Conclusioni	13
	Bibliografia	14
	Elenco delle figure	16

Capitolo I

Introduzione

Questa sarà un'era in cui gli utenti interagiranno con un ambiente digitale ed intelligente [1], piena di opportunità [2] che cambierà significativamente il modo di vivere l'ambiente e la tecnologia; uno dei paradigmi computazionali emergenti è l'Internet of Things (IoT, Internet Delle Cose). Basato sulla collaborazione tra oggetti virtuali e fisici [3], [4]. E' costituito da sensori, ognuno con differenti caratteristiche, in grado di interagire con l'ambiente circostante e con capacità di comunicazione che permettono di supportare l'utente tramite servizi eterogenei [5].

Quando si parla di ambienti intelligenti si indicano varie entità tra cui:

- Smart Home (case intelligenti)
- Smart City (città intelligenti)
- Smart Transportation (trasporti intelligenti)
- Smart Office (uffici intelligenti)
- etc.

Ognuno di questi ambienti intelligenti, con cui l'utente interagisce, sarà dotato di oggetti (Things, Cose) intelligenti, dispositivi elettronici, sempre più piccoli, anche alimentati a batteria con l'ausilio di radio trasmettitori e microcontrollori che, come

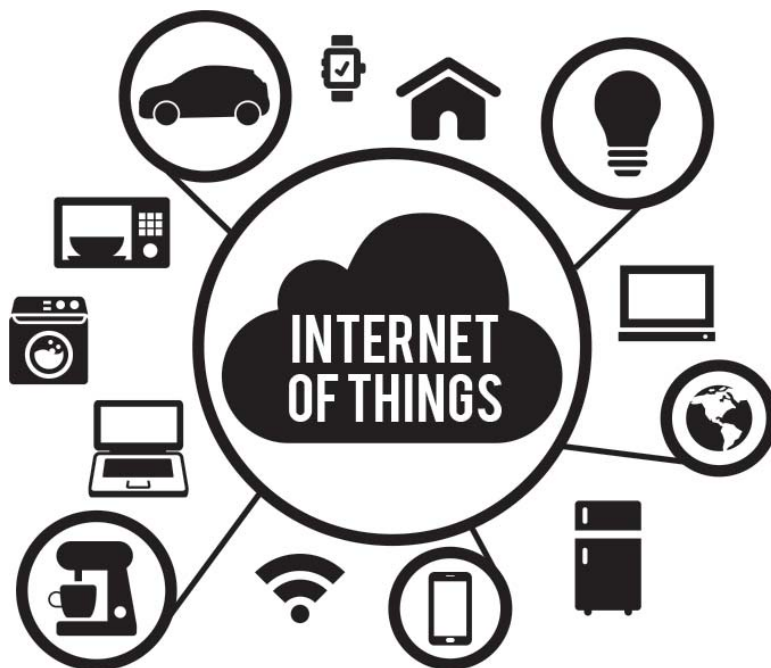


Fig. I.1: Internet Of Things

predetto dalla legge di Moore, hanno consumo energetico decrescente così come le loro dimensioni.

Tramite questi dispositivi si può realizzare l'IoT poiché ognuno di essi è capace di interagire con l'ambiente circostante rimanendo collegato ad internet [6] [7], si può vedere una rappresentazione visiva del concetto IoT **illustrata in figura I.1**. Una "Cosa" quindi è un'entità che esiste e si muove nel tempo e nello spazio, può essere reale o virtuale ma deve avere un'identità nella rete stabilita tramite ID, indirizzi o nomi[8]. Questo varrà dire che, sotto diversa forma, molti degli oggetti che ci circondano saranno nella rete [9].

L'obiettivo dell'IoT quindi è quello di utilizzare il protocollo IP per connettere ad internet questi dispositivi, permettendo lo sviluppo di nuove applicazioni per la comunicazione. Alcune delle problematiche legate a questi dispositivi riguardano il consumo energetico, poiché l'idea è quella di avere dispositivi a batteria con un tempo-vita di diversi anni prima che sia sostituita. Ancor più impegnative sono le operazioni a basso consumo per quei dispositivi che acquisiscono energia dall'ambiente, ad esempio con dei pannelli solari, poiché dovranno essere compensati i momenti

Feature	IEEE 802.11 (n/ac)	IEEE 802.11ah	ZigBee/802.15.4e	BLE
Frequency band (GHz)	Unlicensed 2.4, 5 GHz	Unlicensed 900 MHz	Unlicensed 868/915 MHz 2.4 GHz	Unlicensed 2.4 GHz
Data Rate	6.5–6933 Mbps	150 kbps–346 Mbps	<250 kbps	<1 Mbps
Coverage range	<200 m	<1.5 km	<100 m	<50 m
Power consumption	Medium	Low	Low	Low
Number of devices supported	2007	8000	65,000	Unlimited *

Fig. I.2: Panoramica confronto standard IoT [18]

Feature	3GPP MTC	LPWAN	
		LoRaWAN	SigFox
Frequency band (GHz)	Licensed <5 GHz	Unlicensed 867–928 MHz	Unlicensed 868–902 MHz
Data Rate	<1 Mbps	<25 kbps	<1 kbps
Coverage range	<100 km	<20 km	<40 km
Power consumption	Low	Low	Low
Number of devices supported	>100,000	>100,000	>1,000,000

Fig. I.3: Panoramica confronto standard IoT [18]

di utilizzo dell'energia con una successiva assunzione di energia[10].

Lo standard 802.15.4 è stato recentemente utilizzato per realizzare dispositivi a bassa potenza[11] essendo progettato appositamente per un basso consumo energetico. Tozlu, tramite la sua ricerca[12], ha potuto evidenziare che anche i dispositivi 802.11 con standard 802.11b godono di una buona efficienza energetica grazie al Power Saving Mode(PSM)[13] tanto da superare quella dell'802.15.4. Un'altra soluzione a corto raggio con basso consumo energetico, è il Bluetooth Low Energy (BLE) [14], ma emergono soluzioni a lungo raggio come 802.11ah [15] oppure LoRa [16] e SIGFOX [17] che competono nel mercato LPWAN (Low-Power Wide-Area Network). Nella panoramica comparativa **nelle figure** I.2 I.3 si possono osservare svariati standard IoT messi a confronto, ognuno di essi ha delle specifiche che possono essere attrattive per casi di utilizzo differenti nell'ambito IoT

Nel mercato IoT lo standard IEEE 802.11, originariamente sviluppato per scenari domestici ed uffici, non mostrava alcuna presenza significativa ma è ampiamente utilizzato in una vasta gamma di dispositivi elettronici di consumo e in diversi scenari. Considerando che lo scenario delle comunicazioni IoT è sempre più prossimo la Wi-Fi Alliance ha deciso di colmare la mancanza introducendo il nuovo standard

802.11ah ed il "Wi-Fi HaLow Program" basato sul nuovo standard di cui si attende la certificazione ed il lancio nel 2018. Tramite questo standard le funzionalità specifiche dell'IoT potranno essere abilitate in migliaia di stazioni che operano a frequenze sotto 1Ghz (ISM, Industrial, Scientific and Medical)[19][20][21]. E' stato designato per [18]:

- Smart sensors and meters (Sensori e misuratori intelligenti); l'obiettivo è quello di avere una copertura per le applicazioni IoT sia in ambienti interni che esterni;
- Backhaul aggregation (globalizzazione del carico di ritorno); questo scenario prevede che i dati acquisiti dai dispositivi (i.e., sensori) siano raccolti da routers o gateways ed inoltrati ai servers;
- Extended range hotspot and cellular offloading (Hotspot a lungo raggio e riduzione del traffico); sia la trasmissione a lungo raggio che l'alto rendimento di questo protocollo sono molto attraenti per migliorare l'hotspot o per permettere una riduzione di carico per il traffico nelle reti mobili;
- Ed altri casi d'uso per future applicazioni che lo IEEE 802.11 WG(Working Group) ha innescato tramite la realizzazione di svariati WG differenti che operano su diversi fronti.

Come evidenziato in **figura** I.2 lo standard IEEE 802.11ah gode di un'ottima adattabilità sia ad utilizzi a corto che lungo raggio avendo una copertura che può arrivare fino a 1.5 Km.

L'obiettivo di questo elaborato è quello di analizzare lo standard 802.11ah sia nei dettagli del protocollo sia nei casi d'uso dello stesso in ambito IoT, spiegando come questo protocollo può soddisfare le richieste delle applicazioni IoT:

- nel Secondo capitolo verrà analizzato lo standard 802.11ah nel dettaglio di quello che è il livello fisico e il livello MAC, porrendo particolare attenzione ai meccanismi di risparmio energetico ed evidenziando le differenze tra questo e le altre versioni 802.11

- nel Terzo capitolo verranno analizzati alcuni scenari in ambito IoT e verrà posta a particolare attenzione ad alcuni di questi che potrebbero essere ben supportati dallo standard 802.11ah
- nel Quarto capitolo verranno posti i risultati degli approcci analizzati.
- capitolo 5 conclusioni

Capitolo II

Titolo Capitolo 2

II.1 Introduzione

testo

II.2 Altra sezione

II.2.1 Sotto sotto sezione

testo

Capitolo III

Titolo

testo

Capitolo IV

cap 4

testo

Capitolo V

Cap5

...

Capitolo VI

Conclusioni

Conclusioni

Bibliografia

- [1] G. Fortino, A. Guerrieri, W. Russo, and C. Savaglio, *Middlewares for Smart Objects and Smart Environments: Overview and Comparison*, pp. 1–27. Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [2] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645 – 1660, 2013.
- [3] G. Fortino and P. Trunfio, *Internet of Things based on smart objects*. Springer, 2014.
- [4] G. Fortino, A. Guerrieri, W. Russo, and C. Savaglio, “Integration of agent-based and cloud computing for the smart objects-oriented iot,” in *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), Proceedings of the 2014 IEEE 18th International Conference on*, pp. 493–498, IEEE, 2014.
- [5] P. D. Meo, F. Messina, M. N. Postorino, D. Rosaci, and G. M. L. Sarné, “A reputation framework to share resources into iot-based environments,” in *2017 IEEE 14th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, pp. 513–518, May 2017.
- [6] K. Ashton, “That ‘internet of things’ thing,” *RFiD Journal*, vol. 22, no. 7, 2009.
- [7] M. Swan, “Sensor mania! the internet of things, wearable computing, objective metrics, and the quantified self 2.0,” *Journal of Sensor and Actuator Networks*, vol. 1, no. 3, pp. 217–253, 2012.

-
- [8] O. Vermesan, H. Mark, V. Harald, K. Kostas, T. Maurizio, W. Karel, G. Sergio, and H. Stephan, “Internet of things strategic research roadmap,” 2009.
 - [9] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions,” *Future generation computer systems*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
 - [10] A. Morin, M. Maman, R. Guizzetti, and A. Duda, “Comparison of the device lifetime in wireless networks for the internet of things,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 7097–7114, 2017.
 - [11] IEEE, “Ieee standard for local and metropolitan area networks—part 15.4: Low-rate wireless personal area networks (lr-wpans),” 2003.
 - [12] S. Tozlu, “Feasibility of wi-fi enabled sensors for internet of things,” in *2011 7th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference*, pp. 291–296, July 2011.
 - [13] IEEE, “Ieee standard 802.11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications,” 1999.
 - [14] IEEE, “Specification of bluetooth core v5.0,” vol. 0, December 2016.
 - [15] “Ieee draft standard for information technology-telecommunications and information exchange between systems-local and metropolitan area networks-specific requirements-part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications: Amendment 2: Sub 1 ghz license exempt operation,” *IEEE P802.11ah/D9.0*, August 2016, pp. 1–660, Jan 2016.
 - [16] LoRa, “Lora alliance website accessed on 2017-1-10. [online]. available: <http://lora-alliance.org/>,” January 2017.
 - [17] SIGFOX, “Sigfox website accessed on 2017-1-10. [online]. available: <http://www.sigfox.com/en/>,” January 2017.

- [18] V. Baños-Gonzalez, M. S. Afaqui, E. Lopez-Aguilera, and E. Garcia-Villegas, "Ieee 802.11 ah: a technology to face the iot challenge," *Sensors*, vol. 16, no. 11, p. 1960, 2016.
- [19] T. Adame, A. Bel, B. Bellalta, J. Barcelo, and M. Oliver, "Ieee 802.11ah: the wifi approach for m2m communications," *IEEE Wireless Communications*, vol. 21, pp. 144–152, December 2014.
- [20] S. Aust, R. V. Prasad, and I. G. M. M. Niemegeers, "Outdoor long-range wlans: A lesson for ieee 802.11ah," *IEEE Communications Surveys Tutorials*, vol. 17, pp. 1761–1775, thirdquarter 2015.
- [21] W. Sun, M. Choi, and S. Choi, "Ieee 802.11 ah: A long range 802.11 wlan at sub 1 ghz," *Journal of ICT Standardization*, vol. 1, no. 1, pp. 83–108, 2013.

Elenco delle figure

I.1	Internet Of Things	4
I.2	Confronto standard	5
I.3	Confronto standard	5