POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Soluzioni IoT per la mobilità: lo Smart Parking Bosch



Relatore *Prof. Carlo Cambini*

Candidato Ludovica Di Palo

Anno Accademico 2018/2019

Abstract

La rivoluzione IoT che caratterizza gli ultimi anni coinvolge ogni aspetto della vita quotidiana e si pone lo scopo di migliorare e semplificare la vita dei cittadini.

La mobilità è uno dei settori maggiormente colpiti dalla trasformazione digitale in quanto è un fattore molto critico e determinante per la vivibilità dei contesti urbani.

L'applicazione di servizi "smart" in questo campo può avere impatto positivo sulla congestione del traffico, sul livello di inquinamento e di stress dei cittadini.

Il presente elaborato, la cui stesura è avvenuta durante il periodo di tirocinio presso l'azienda Robert Bosch Gmbh, illustra il funzionamento di un sistema di Smart Parking, sviluppato dalla stessa, che consente di localizzare gli stalli di sosta liberi attraverso l'utilizzo di sensori connessi ad una rete ad hoc per l'IoT.

Dopo un'accurata analisi dello stato dell'arte dei sistemi di parcheggio intelligente presenti al momento sul mercato verranno identificati sia i punti di forza che le debolezze del sistema in oggetto. Saranno, inoltre, illustrati i principali step della fase di customer discovery volta ad identificare i potenziali punti di applicazione del sistema. Determinante per lo sviluppo del business sarà l'individuazione di partnership con altre aziende coinvolte nella catena del valore del sistema Smart Parking.

Sommario

Introduzione		
1 Smart City e Internet of Things	7	
1.1 Smart city: definizione ed origine	7	
1.2 I tre strati di una Smart City	11	
1.2.1 La base tecnologica	12	
1.2.2 Le applicazioni specifiche	14	
1.2.3 Adozione ed esperienza degli utenti	15	
1.3 Smart mobility	16	
2 II Parking	23	
2.1 Sistemi di Smart Parking: Stato dell'arte	25	
2.1.1 I sistemi basati sui sensori	27	
2.1.2 I sistemi basati su videocamere	30	
2.1.3 Sistemi di crowdsensing e crowdsourcing	31	
2.2 Il caso SFpark di San Francisco	37	
3 Il caso studio: Smart Parking Bosch	43	
3.1 Il progetto Smart Parking di Bosch e il Kit	43	
3.2 Il gruppo Bosch	46	
3.1.1 I Settori di Business del Gruppo	47	
3.2.2 IoT in Bosch	49	
3.2.3 I sensori MEMS	50	
3.3 Il sensore di parcheggio	51	
3.3 A2A Smart City	56	
3.4 Reti LPWAN: LoRaWAN e SigFox	58	
3.5 L'applicativo	62	
4 Analisi del mercato e SWOT	66	
4.1 Competitor e casi studio	67	
4.2 Catena del valore e customer discovery	72	
4.2.1 Milano: Smart Parking per gli stalli di ricarica elettrica	74	
4.2.2 Torino: ZTL	79	
4.3 SWOT Analysis	81	
4.3.1 Strenghts	83	
4.3.2 Weaknesses	84	
4.3.3 Opportunities	84	
4.3.4 Threats	85	
5 Conclusioni	87	
Ribliografia e sitografia	89	

Introduzione

Il mondo della mobilità sta attraversando un'importante fase di evoluzione e cambiamento, guidato dalla necessità sempre più impellente di ridurre il livello di emissioni e di congestione del traffico che caratterizza ormai tutte le realtà metropolitane del mondo.

Alcuni trend tecnologici e sociali si stanno affermando sul panorama della mobilità, indirizzando questa trasformazione verso l'emergere di un nuovo ecosistema che ha le potenzialità di offrire spostamenti più facili, veloci, ecologici ed efficienti.

I trend principali che trainano il cambiamento sono quattro: la guida autonoma, la connettività, l'elettrificazione dei veicoli e la cosiddetta "shared mobility" (mobilità condivisa). [1]

Questi puovi trend insigne all'afformarei dell'Internet ef Things stanno naturalmento

Questi nuovi trend, insieme all'affermarsi dell'Internet of Things, stanno naturalmente influenzando le strategie di business di tutte le aziende coinvolte nel settore. Dalle grandi case automobilistiche OEM ed i loro maggiori fornitori, fino alle aziende di Information Technology, che nel mondo "connesso" ricoprono un ruolo sempre più fondamentale, tutti sono parte di questa trasformazione. Ogni player coinvolto deve essere in grado di comprendere quanto il futuro della mobilità possa impattare sul proprio business, in modo tale da coglierne le potenzialità e sfruttarne ogni opportunità di crescita.

Come maggior fornitore mondiale di componentistica per automobili che fa dell'innovazione tecnologica il suo core business, Bosch sta investendo molto in questa trasformazione. Il sensore di parcheggio, oggetto di analisi di questo elaborato, è solo una delle numerose soluzioni che l'azienda sta sviluppando in ambito IoT e mobilità connessa.

Il presente elaborato descrive il funzionamento di un sistema di Smart Parking basato su sensori Bosch, analizzando l'intero ecosistema in cui esso trova applicazione. Il sensore è stato sviluppato e pensato per tre "use cases" principali: per il monitoraggio degli stalli in corrispondenza delle colonnine di ricarica per auto elettriche, per l'applicazione su larga scala sugli stalli di sosta su strada al fine di limitare la congestione del traffico dovuta alla ricerca del

parcheggio e, in un'ottica di lungo periodo, per poter favorire l'evoluzione della guida autonoma.

Nel primo Capitolo verrà introdotto il concetto di Smart City di cui saranno illustrati i tre strati fondamentali, ovvero la base tecnologica, le applicazioni specifiche e l'adozione da parte degli utenti. In seguito, verranno approfondite varie applicazioni della smart mobility, che costituisce uno di sei assi portanti delle smart city, descrivendo l'impatto che esse possono avere sulla viabilità e sulla congestione del traffico nelle realtà urbane.

Il secondo capitolo, dopo un'introduzione sulle problematiche legate al parcheggio, passerà in rassegna diversi sistemi di smart parking presenti in letteratura evidenziando i punti di forza e debolezza di ognuno di essi. Il capitolo si concluderà con un caso studio sulla città di San Francisco dove è stato condotto un progetto pilota basato su un sistema analogo a quello in questione, allo scopo di fornire alcuni dati quantitativi sull'impatto positivo dell'implementazione dello smart parking nelle città.

Nel terzo capitolo verranno, in primo luogo, introdotte le aziende partner del progetto. Sarà poi descritto il sistema Smart Parking Bosch nei tre componenti da cui è formato: i sensori, la rete e l'applicativo. Il sensore, installato su ogni stallo del parcheggio, è in grado di rilevare la presenza o meno di un veicolo in sosta. Il dato viene inviato, attraverso una rete Low Power ad hoc per l'IoT, alla piattaforma dati o all'applicativo in modo tale da renderlo disponibile agli automobilisti che in questo modo possono dirigersi direttamente verso gli stalli liberi.

Nel quarto capitolo, infine, verrà condotta un'analisi del mercato del sistema illustrando quali sono le aziende che su territorio europeo si stanno affacciando a questa realtà e quali possono essere gli utenti finali del prodotto. I risultati delle analisi condotte verranno riassunti in un'analisi SWOT (Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats) volta ad individuare internamente, i punti di forza e debolezza del sistema ed esternamente le opportunità ed i possibili rischi del business.

1 Smart City e Internet of Things

1.1 Smart city: definizione ed origine

Negli ultimi decenni le città sono diventate un punto focale per la sperimentazione di nuove tecnologie digitali.

Il termine "Smart City" indica una città caratterizzata da un uso intelligente ed esteso delle tecnologie digitali in modo da consentire un utilizzo efficiente di dati ed informazioni. Lo scopo è quello di migliorare la qualità della vita dei cittadini e attraverso l'integrazione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT).

Seguendo alcune delle più interessanti interpretazioni, le Smart cities sono "città in cui uno strato tecnologico viene sovrapposto alla struttura urbana esistente, consentendo ai suoi cittadini e utenti di connettersi alla rete, interagire tra loro e con altri attori: pubblica amministrazione, fornitori di beni e servizi, ecc., di fatto ottimizzando la città e i suoi spazi." [2]

La genesi delle Smart City risale già all'inizio degli anni '90, quando i primi analisti di demografia e di progettazione urbana ipotizzavano l'avvento di una "città intelligente" con conseguenze a livello di architettura, tecnologia, servizi pubblici e assetto demografico. È solo negli ultimi anni, però, che l'attenzione sull'argomento ha avuto un picco. Ciò è dovuto chiaramente alla diffusione di dispositivi mobili e di Internet tra i cittadini, oltre che alla necessità sempre più impellente di salvaguardare l'ambiente dall'inquinamento e dall'eccessivo consumo energetico. La visione della Smart City è, infatti, fortemente incentrata sull'obiettivo di risolvere problemi concreti che riguardano le grandi metropoli supportandone la sostenibilità nel lungo termine e la capacità di trasformarsi ed adattarsi ad eventi estremi. Il fine ultimo è migliorare la qualità della vita dei cittadini, anche attraverso un continuo e più attento monitoraggio dei loro reali bisogni.

Secondo la Comunità Europea, il grado di "intelligenza" delle Smart City può essere valutato secondo sei assi o dimensioni principali:

- Mobilità: comprende i trasporti e le tecnologie informatiche ponendo l'attenzione su sostenibilità ed efficienza del trasporto pubblico e sulla realizzazione di infrastrutture per l'informazione.
- Ambiente: incentiva l'uso di energia "verde", la pianificazione urbana e la costruzione di edifici ecosostenibili.
- **Economia**: si fonda sull'interconnessione locale e pubblica tra le aziende e sulla spinta all'innovazione e all'uso di energie ecosostenibili per la produzione.
- Vita: si intende uno stile di vita sano, sicuro e culturalmente attivo
- Governance: consiste in una maggiore trasparenza e diffusione dei dati e una maggiore
 partecipazione di tutti i soggetti della città sia alle decisioni, che alla loro messa in
 pratica.
- **Persone**: con cui si intende focalizzare l'attenzione sull'integrazione tra i soggetti della società, la creatività e l'educazione degli stessi.

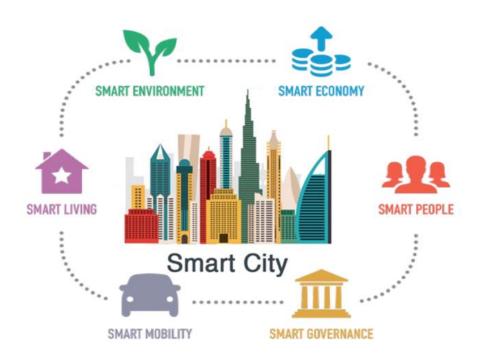


Figura 1. 1: I 6 assi di una Smart City

Questi sei assi fanno riferimento all'utilizzo intelligente ed integrato di teorie sulla competitività, trasporti, risorse naturali, capitale sociale ed umano e sulla stessa

partecipazione democratica. Una città non può considerarsi "Smart" per la sola componente digitale e tecnologica, bensì per il modo in cui le tecnologie dell'informazione e della comunicazione insieme al capitale sociale e umano, si combinano con gli aspetti dell'economia, della società e dell'ambiente. L'intelligenza di tali città sta nel risolvere i problemi attraverso soluzioni tecnologiche che facilitino l'informazione e la comunicazione, in un sistema locale di cooperazione.

Negli ultimi anni, l'Unione Europea, attraverso vari piani finanziari, ha incoraggiato le comunità "intelligenti" perché si dirigano verso soluzioni integrate e sostenibili in grado di offrire energia pulita e sicura a prezzi accessibili per i cittadini.

A livello europeo non esiste un fondo specifico dedicato alle smart cities, ma una pluralità di possibilità di accesso a diverse tipologie di finanziamenti. Oltre ai programmi dei singoli Stati membri che si basano sull'integrazione tra risorse nazionali e fondi strutturali, esistono fondi europei a gestione diretta che possono finanziare aspetti particolari di una Smart City, come Horizon 2020, il Meccanismo per collegare l'Europa, i programmi Cosme e Life. [3]

Ognuno di questi finanziamenti è legato a diversi temi e a diverse fasi del ciclo di vita dei progetti:

- Horizon 2020 è un programma di finanziamento creato per sostenere e promuovere la ricerca all'interno dello spazio europeo per la ricerca (ERA). Prevede un finanziamento di circa 80 miliardi di euro e si focalizza sul ciclo ricerca, sviluppo e innovazione.
- Meccanismo per collegare l'Europa sostiene progetti infrastrutturali di interesse comune nei settori dei trasporti, delle telecomunicazioni e dell'energia e di sfruttare le potenziali sinergie tra tali settori.
- Life è il principale strumento finanziario dedicato alle sfide ambientali e climatiche per il periodo 2014-2020. L'obiettivo è di ridurre le emissioni di gas a effetto serra di almeno il 40% entro il 2030 e di progredire verso la realizzazione di un'economia a basse emissioni di carbonio. Promuove finanziamenti per infrastrutture e sviluppo urbano a favore di un migliore utilizzo del suolo, per la mitigazione del clima e per le tecnologie sostenibili

 COSME (acronimo di COmpetitiveness of enterprises and Small and Medium-sized Enterprises) è il programma dell'UE per la competitività delle imprese per il periodo 2014-2020. Si propone di promuovere l'attività delle imprese e l'imprenditoria in Europa, con particolare riferimento alle piccole e medie imprese, che costituiscono la "spina dorsale" dell'economia europea.

In alcune città europee sono già stati raggiunti grandi risultati. Copenaghen, ad esempio, è considerata la città più "smart" d'Europa in quanto grazie all'adozione di tecnologie IoT ha raggiunto enormi traguardi: il riciclo dei rifiuti è del 90%, mentre la quasi totalità degli edifici urbani usufruisce di sistemi di teleriscaldamento; oltre il 50% della popolazione usa la bicicletta per gli spostamenti urbani e nell'ultimo decennio le emissioni di anidride carbonica si sono ridotte del 25%.

Amsterdam, invece, è attiva sul tema città intelligenti già da tempo. La città ha promosso una partnership tra più di 70 soggetti pubblici e privati per creare i servizi e le infrastrutture adibiti allo scopo di ridurre entro il 2025 le emissioni di CO₂ del 40%.

Barcellona, infine, offre una serie di servizi high-tech e numerose infrastrutture digitali (300 ricariche per auto elettriche, 500 km di fibra ottica, 1123 punti WiFi). Ma ciò che conferisce alla città il primato di "intelligenza" è la sua piattaforma di democrazia partecipativa, "Decidim Barcelona", attraverso la quale i cittadini possono interagire, fare proposte, esprimere pareri (voti) commentare e deliberare, monitorare le interazioni, le azioni e i risultati. In questo modo, attraverso una "smart governance", le esigenze ed i bisogni dei cittadini diventano il motore che alimenta l'evoluzione e l'innovazione della città.

Tra le città italiane più smart, invece, vi è Torino, che grazie a vari progetti ed iniziative come *Torino Smart City* si conferma all'avanguardia delle implementazioni tecnologiche e logistiche volte a migliorare la vita in città.

1.2 I tre strati di una Smart City

Una città smart è formata dalla sovrapposizione di tre strati:

- La base tecnologica
- Le applicazioni specifiche
- L'adozione ed esperienza degli utenti

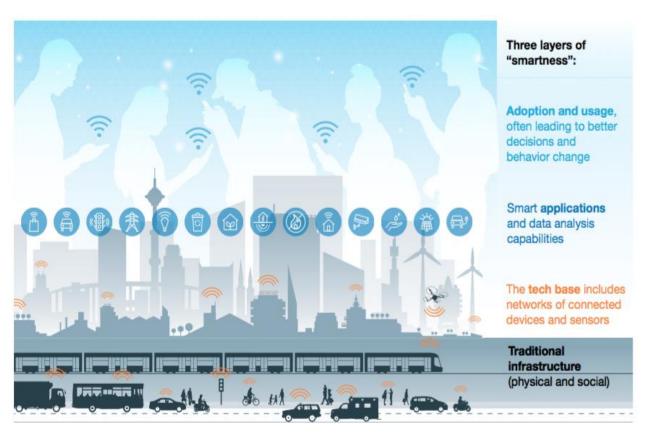


Figura 1. 2: Three layeres of "smartenss", McKinsey Global Institute

1.2.1 La base tecnologica

La base tecnologica è l'infrastruttura necessaria allo sviluppo e all'utilizzo delle applicazioni smart. Essa include:

- Un network di sensori che raccolgono i dati
- La connessione tramite rete wireless a banda larga
- Le piattaforme *open data* in cui i dati possono essere processati, immagazzinati e condivisi.

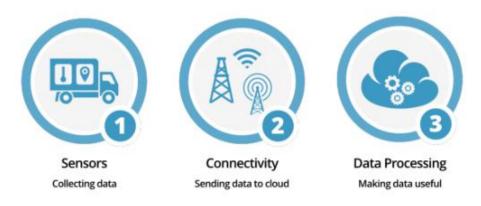


Figura 1. 3 La base tecnologica per una Smart City

I sensori sono i fattori abilitanti indispensabili per l'Internet Of Things. Quest'espressione indica la ormai affermata evoluzione dell'uso della rete che conferisce agli oggetti, dotati appunto di sensori, riconoscibilità ed intelligenza grazie al fatto di poter comunicare dati tra loro stessi ed accedere ad informazioni aggregate da parte di altri.

Secondo Statista [4] il numero di oggetti connessi nel 2015 in tutto il mondo ammontava a circa 15 miliardi ed è stimato che entro il 2025 raggiungerà i 75 miliardi.

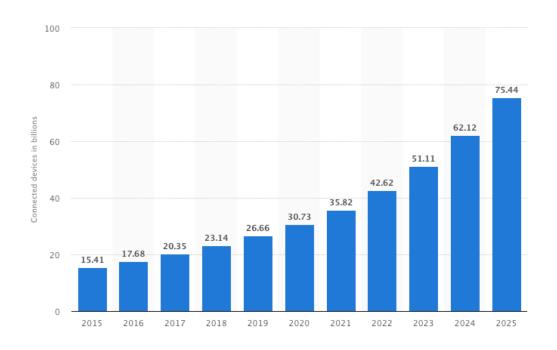


Grafico 1.1 Numero di dispositivi IoT installati nel mondo dal 2015 al 2025

Affinchè una città intera possa essere connessa, è necessaria naturalmente una potente rete Internet. Le città di tutto il mondo stanno investendo in reti fisse e mobili sempre più veloci necessarie per supportare l'utilizzo crescente dei dati da parte dei residenti e lo sviluppo di applicazioni a larghezza di banda più elevata. Allo stesso tempo, le applicazioni Smart City a minor consumo di banda larga possono trarre vantaggio dall'introduzione di reti a bassa potenza LPWAN (di cui si approfondirà nel terzo capitolo) che consentono un'ampia diffusione di sensori con costi operativi molto inferiori e garantiscono una lunga durata delle batterie.

Le piattaforme *open data*, infine, consentono l'archiviazione e l'accesso ai dati fornendo quindi la "materia prima" per l'innovazione. Infatti alla base del funzionamento di una Smart City vi è la possibilità di rendere disponibili i dati raccolti dai sensori (informazioni sul traffico, fabbisogno energetico, incidenti, stato dei rifiuti, rumore ecc.) ad aziende, municipalità ed a tutti gli stakeholder coinvolti in questo panorama che possono utilizzarli per monitorare diversi parametri e definire nuove strategie in base alle informazioni raccolte.

1.2.2 Le applicazioni specifiche

Attraverso la raccolta dati ad opera dei sensori è possibile cambiare la natura e economia delle infrastrutture. I costi della raccolta di informazioni si abbattono enormemente ed è possibile ottimizzare i sistemi esistenti. Le applicazioni della tecnologia IoT sono numerosissime e toccano ogni aspetto della vita urbana (traffico, sicurezza, consumo energetico, gestione dei rifiuti, monitoraggio della qualità di acqua e aria etc.).

In alcuni casi, i dati vengono elaborati da sistemi analitici che possono controllare, muovere, aggiustare oggetti in remoto, senza intervento umano. In altri casi, invece, è necessario creare un'interfaccia utente semplice che renda i dati accessibili e utilizzabili dall'utente.

I campi di applicazione nell'Internet of Things all'interno delle Smart City riguardano principalmente:

- Salute: alcune applicazioni possono aiutare a prevenire, trattare e monitorare le
 condizioni attraverso i sistemi di controllo in remoto dei pazienti. Utilizzando dispositivi
 digitali che trasmettono le informazioni a distanza ai medici in modo che possano
 tenere sotto controllo il paziente e intervenire quando necessario.
- Mobilità: le applicazioni in questo campo, di cui si approfondirà nel prossimo paragrafo, sono numerosissime, dai segnali stradali ai parcheggi passando per le informazioni in tempo reale per la navigazione fino a i sistemi di monitoraggio delle infrastrutture per mobilità al fine di prevenire guasti.
- Energia: i sensori possono essere utilizzati per automatizzare e monitorare i sistemi
 energetici delle abitazioni, o per esempio, nel caso dell'illuminazione stradale, per far
 sì che i lampioni si illuminino solo al passaggio di auto o pedoni o regolino l'intensità
 della luce in base alle condizioni atmosferiche circostanti.
- Aria: i sensori consentono di misurare la qualità dell'aria in maniera accurata e continuativa. La stessa Bosch, in collaborazione con Intel, ha presentato al CES

(Consumer Electronic Show) 2018, il sistema Climo, che combina sensori e software per fornire un'ampia gamma di dati sulla qualità dell'aria, riferiti a inquinanti essenziali come particolato, monossido di carbonio, ossido d'azoto, diossido di azoto, anidride solforosa e ozono. Il sistema fornisce, inoltre, dati provenienti dai paramenti ambientali come temperatura, umidità relativa, luce, suono, pressione e polline.

- Rifiuti: i sensori vengono posti all'interno dei contenitori dei rifiuti in modo tale che possano dare indicazioni sul livello di riempimento ottimizzando la raccolta.
- Edifici e abitazioni: è possibile sia intervenire sulla gestione energetica in maniera da
 ottimizzare i consumi, sia a livello di domotica, attraverso un'infrastruttura di
 supervisione e controllo di tutti gli impianti (elettrico, idraulico, HVAC, riscaldamento,
 ventilazione e climatizzazione dell'aria) tutti i sistemi che compongono l'edificio
 possono comunicare in maniera automatizzata tra di loro.
- Sicurezza: dai sistemi di sorveglianza smart, ai sistemi di sicurezza sul lavoro, tutto abilitato da sensori in grado di comunicare dati in tempo reale per agevolare l'intervento tempestivo in caso di necessità.

1.2.3 Adozione ed esperienza degli utenti

Ciò che rende una città realmente "intelligente" è l'integrazione delle applicazioni smart all'interno della vita quotidiana delle persone.

Molte applicazioni per Smart City, però, funzionano solo se sono adottate da un grande numero di utenti e riescono cambiarne le abitudini. Tanto più è alto il numero di utenti che utilizzano le applicazioni, tanto maggiore è la quantità di dati generata e quindi migliore è il servizio offerto. Una piccola rete di dispositivi ha un valore limitato, laddove invece, un network di miliardi di dispositivi che condividono informazioni può raggiungere un valore enorme. Si tratta di una vera economia di rete in cui l'utilità che un consumatore trae dal

consumo di un bene/servizio dipende dal numero di altri individui che consumano lo stesso bene/ utilizzano lo stesso servizio.

Da questo deriva che l'esperienza dell'utente, detta "User experience", diventi un fattore chiave per la diffusione ed il successo delle applicazioni.

La "User Experience Professionals Association" definisce la User Experience (UX) come "ogni aspetto che riguarda l'interazione dell'utente con il prodotto o servizio che ne influenza la percezione" [5]. Il design dell'UX coinvolge tutti gli elementi che creano l'interfaccia con il cliente compresi il layout, il testo, il brand, il suono e l'interazione.

Pertanto è intuitivo che in un contesto come l'Internet of Things, sia fondamentale lavorare in una direzione di ottimizzazione dell'esperienza utente in modo da aumentare la soddisfazione e la fedeltà del cliente migliorando l'usabilità, la facilità d'uso e il piacere fornito dal prodotto servizio. In questo modo è possibile raggiungere una massa critica tale da innestare i meccanismi di esternalità di rete e fare in modo che l'applicazione si diffonda e raggiunga il suo massimo potenziale.

1.3 Smart mobility

La Smart Mobility rappresenta uno dei sei assi su cui si struttura il concetto di Smart City. Si tratta di una mobilità altamente tecnologica e a basso impatto ambientale che include i seguenti elementi:

- la tecnologia;
- le infrastrutture (parcheggi, reti di ricarica, segnaletica di veicoli, veicoli);
- le soluzioni per la mobilità;
- le persone.

Man mano che le città diventano "smart", infatti, la mobilità sta subendo un repentino cambiamento diventando territorio di competizione tra imprese di diversi settori. Per anni, le cause automobilistiche e le imprese di trasporti pubblici hanno posseduto l'interfaccia con i clienti, intermediati solo dalle concessionarie. Ma la crescita dei servizi di mobilità digitale e lo

sviluppo della guida autonoma sta espandendo sempre più la catena del valore, permettendo alle imprese di assumere nuovi ruoli. L'enorme quantità di dati catturata dai sistemi dei veicoli, inoltre, apre le porte a nuovi tipi di Business Model. Basti pensare a quelli ispirati alla "sharing-economy" (economia della condivisione) come Didi e Uber, che operano con piattaforme di mobilità rivolte ai clienti, consentendo loro di prenotare un passaggio in auto attraverso un'applicazione.

Ma anche i produttori di auto tradizionali e gli operatori di trasporti pubblici si stanno attivando in questa direzione, offrendo piattaforme multimodali per "connettere" i veicoli, servizi di ridesharing e una vasta gamma di servizi smart tra cui lo smart parking, di cui si approfondirà in seguito.

L'obiettivo finale dell'introduzione di una mobilità smart nelle nostre città è ridurre il traffico, abbattere l'inquinamento, creare flussi intelligenti e senza interruzioni, e rafforzare le economie di scala per promuovere una mobilità accessibile a tutti. [6]

È da ormai 30 anni che il settore dei trasporti è di forte interesse per l'applicazione di innovazioni legate all'Information and Communication Technology volti a sviluppare Sistemi di Trasporto "intelligenti". Ciò è dovuto, in primo luogo, all'enorme impatto che il settore ha sul consumo energetico globale. Considerando esclusivamente l'area dell'Unione Europea, nel 2016 il settore dei trasporti ha contribuito per il 32% ai consumi energetici totali (di tale quota, il 94% deriva da prodotti petroliferi, il 2,7% da biocombustibili e il 2,3% da gas naturale) e per il 25% alle emissioni di gas ad effetto serra. La mobilità specificamente urbana a sua volta ha inciso per il 40% sulle emissioni di CO₂ dei trasporti. [7]

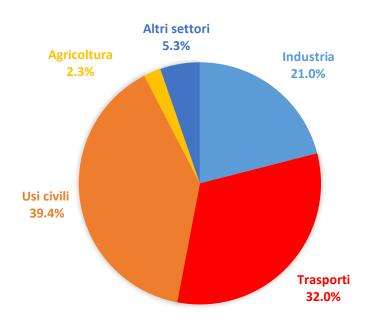


Grafico 1.2 Impatto dei diversi settori sui consumi energetici in Europa nel 2016

Oltre a quello energetico-ambientale, un fattore critico che rende la Smart Mobility un settore di grande interesse per i player della realtà "smart", è il traffico.

Secondo una ricerca elaborata da TomTom (produttore di navigatori satellitari), a Mosca, città più congestionata del mondo, un pendolare spreca nel traffico 127 ore all'anno; in orario di punta, il tempo per percorrere in auto un tragitto aumenta del 66% rispetto a quando le strade sono sgombre. Istanbul è seconda con 118 ore (55% in più), Varsavia terza con 105 ore (42%). In Italia invece le due città più trafficate sono Roma (con 93 ore all'anno passate nel traffico) e Palermo (89 ore). [8]

Uno studio del Global Institute di McKinsey ha stimato che, entro il 2025, nelle città in cui verranno implementate soluzioni di Smart Mobility, si assisterà ad una riduzione del tempo di viaggio casa-lavoro (*commute time*) del 15-20%, che si traduce in un risparmio di 15-30 minuti per ogni giorno lavorativo [9].

Le applicazioni considerate nello studio sono riportate nel Grafico 1.3 in cui è indicato il potenziale impatto di ognuna di esse su tre gruppi di città suddivise secondo i seguenti criteri:

- **City 1**: tempi di spostamento e congestione del traffico medi, metropolitana come modalità primaria di spostamento, basso livello di occupazione dei bus (es. New York).
- **City 2:** tempi di spostamento e congestione del traffico medi, bus come modalità primaria di spostamento, alto livello di occupazione dei bus (es. Rio de Janeiro).
- **City 3:** tempi di spostamento lunghi e congestione del traffico alta, bus come modalità primaria di spostamento, alto livello di occupazione dei bus (es. Lagos).

Le applicazioni prese in considerazione riguardano ogni aspetto della mobilità (dal parcheggio e i segnali stradali al trasporto merci). Qui di seguito una breve descrizione di ognuna di esse al fine di comprenderne meglio il potenziale e l'impatto che possono avere sulla vita quotidiana.

- E-hailing: esempio di economia on demand applicata al trasporto a pagamento, consiste nella possibilità di prenotare un taxi o un'auto privata (come nel caso di Uber) in tempo reale tramite smartphone.
- Car sharing: servizio di mobilità urbana che permette agli utenti di prenotare un veicolo tramite smartphone e utilizzarlo per un periodo di tempo breve, nell'ordine di minuti o ore, pagando in ragione dell'utilizzo effettuato.
- Integrated multimodal information: informazione in tempo reale riguardo prezzi, orari e disponibilità di diverse opzioni di trasporto.
- Parcel load pooling: corrispondenza online della domanda per le consegne di merce con la disponibilità di capacità di autotrasporto disponibile, al fine di massimizzare l'utilizzo del veicolo effettuando un maggior numero di consegne con un numero inferiore di camion.
- Smart parcel lockers: armadietti automatici situati in strada dove è possibile recapitare
 i pacchi che possono essere prelevati dai destinatari 24 ore su 24 utilizzando i singoli
 codici di accesso inviati ai propri dispositivi mobili.
- **Digital public transit payment:** sistemi di pagamento digitali e contactless nei trasporti pubblici (include smart card e pagamenti mobili.)

- Congestion pricing (pedaggio urbano): tassa a carico dei possessori di auto da pagare per circolare in alcune zone o in orari di picco del traffico.
- Bike sharing: servizio di uso pubblico delle biciclette che offrono un'alternativa all'auto e allo stesso trasporto pubblico.
- Demand-based microtransit: servizi di ride-sharing con rotte e fermate. L'algoritmo utilizzato sfrutta lo storico della domanda per determinare le rotte, le dimensioni del veicolo e la frequenza dei viaggi.
- Real-time public transit information: informazioni real-time sull'arrivo e la partenza dei mezzi pubblici.
- Smart parking: sistema che consente di conoscere in tempo reale il numero di posti auto occupati su strada o nei parcheggi per ottimizzare le informazioni ed indirizzare gli utenti verso aree con parcheggi disponibili. Dal punto di vista del gestore è un potente strumento di analisi statistica in quanto fornisce informazioni riguardo utilizzo/occupazione dei posti auto nelle diverse fasce orarie del giorno e nei diversi periodi dell'anno.
- Intelligent traffic signal: ottimizzazione dinamica dei semafori e dei limiti di velocità al fine di migliorare il flusso del traffico rendendolo rapido e limitandone le interruzioni.
- Predictive maintenance of transportation infrastructure: monitoraggio del traffico e
 delle relative infrastrutture attraverso sensori in modo da effettuare una
 manutenzione predittiva evitando guasti e rotture.
- Real-time road navigation: strumenti di navigazione stradale in tempo reale che creano rotte e segnalano traffico, incidenti e lavori in corso.

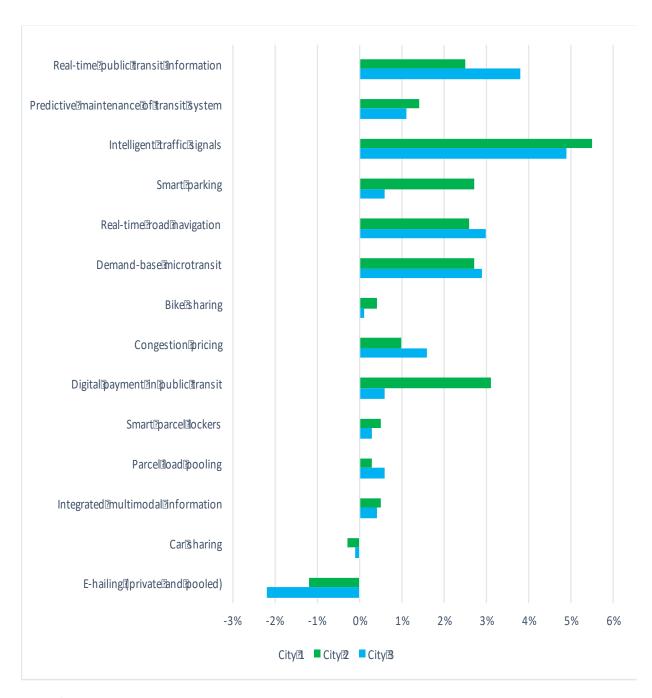


Grafico 1.3: % decremento del tempo di viaggio casa-lavoro per ogni applicazione Smart Mobility

Come possiamo vedere dal Grafico 1.3, nelle città appartenenti ai gruppi 2 e 3, ossia con livello di congestione medio-alto e in cui l'autobus è la modalità di spostamento primaria, l'utilizzo di segnali stradali intelligenti può ridurre la durata del tragitto casa-lavoro rispettivamente del 4,9% e 5,5%. Le app di informazione in tempo reale per il trasporto pubblico, invece, hanno un

impatto maggiore sulle città appartenenti al gruppo 1, in cui il livello di congestione è medio e la metropolitana è il principale mezzo di trasporto.

Oltre a migliorare la mobilità urbana, le stesse applicazioni hanno effetto anche sulla riduzione delle emissioni generate dai veicoli. Ad esempio se l'e-hailing (possibilità di prenotare un taxi o un'auto privata tramite il telefono) utilizza prevalentemente veicoli ibridi o elettrici, si può ridurre drasticamente il numero di veicoli ad alte emissioni che circolano in città. Il pedaggio urbano, che consiste in una tassa che i possessori di auto devono pagare per poter circolare in determinate zone della città in alcune fasce orarie di punta, può scoraggiare l'uso dell'auto a favore dei mezzi pubblici. Considerando la totalità delle applicazioni di mobilità smart, esse possono abbattere le emissioni di gas serra del 3-8%.

2 Il Parking

Il parcheggio, soprattutto nelle grandi metropoli, rappresenta un fattore di grande impatto sul flusso del traffico e sul livello di stress delle persone nella "rincorsa" del posto libero. Man mano che il numero di veicoli in circolazione cresce, il problema della scarsità dei posti si fa sempre più grande.

Inrix, una società americana che si occupa di servizi alla mobilità, ha condotto uno studio sul costo della guida di un veicolo negli Stati Uniti, Regno Unito e Germania.

Dallo studio è emerso che i costi indiretti della guida, tra cui quello di star seduto nel traffico cercando un posto dove parcheggiare, hanno un impatto economico molto alto.

Country			Indirect Costs		Total Cost
U	Car Ownership	Parking	Congestion	Parking Pain	of Driving
U.S. \$	5,645	\$1,607	\$1,642	\$1,394	\$10,288
U.K. \$	\$4,260	\$1,244	\$1,398	\$1,337	\$8,239
Germany \$	£4,376	\$1,062	\$2,347	\$1,556	\$9,341

Figura 2. 1 Costo medio annuale della quida diviso in costi diretti ed indiretti (Inrix)

Nella Figura 2.1 è possibile osservare l'ammontare dei costi medi annuali della guida, divisi tra diretti ed indiretti, per un singolo cittadino. [10]

I costi diretti riguardano la proprietà dell'auto (che sia acquistata, noleggiata, in leasing ecc.) comprese tasse e assicurazione ed il costo del parcheggio. I costi indiretti comprendono il costo del traffico e quelli relativi al "pain" causato dalla ricerca del parcheggio ovvero:

- Tempo, carburante e valore delle emissioni di carbonio generate dal traffico.
- Tempo, carburante e valore delle emissioni di carbonio generate dalla ricerca di parcheggio.

- Pagamento in eccesso del parcheggio dovuto ad esempio al pagamento del parchimetro per un tempo superiore a quello effettivamente necessario
- Multe per il parcheggio

Negli Stati Uniti il costo indiretto del parcheggio ammonta a 1394\$, circa il 13,5% del costo totale (10288 \$), il costo diretto del parcheggio invece è di 1607\$, quindi l'attività del parcheggio nel complesso ha un impatto del 30% sui costi totali.

Anche nel Regno Unito il costo del parcheggio rappresenta il 31% dei costi totali, di questi 1337 \$ sono dovuti ai costi indiretti del parcheggio. In Germania, infine, dei 9341\$ totali, 1556\$ sono legati al parcheggio e la distanza media in km coperta nella ricerca del posto è di circa 1640 km.

Lo stesso studio ha stimato anche il numero medio di ore spese a cercare parcheggio annualmente, per singolo cittadino: 17 negli USA, 44 nel Regno Unito e ben 65 in Germania.

In generale, l'attività di ricerca del posto per la sosta ha impatto negativo su numerosi aspetti:

- Tempo: per i consumatori, ovvero i conducenti delle auto, la ricerca del posto causa perdita di tempo e aumento dello stress.
- Costi: per i consumatori rappresentati da costo del carburante e costo opportunità legato al tempo che avrebbero impiegato in modo differente. Per i gestori dei parcheggi il costo deriva dalla perdita del guadagno sulla sosta del cittadino impegnato nella ricerca vana del posto.
- Traffico: generato nei centri urbani per il 30% da auto alla ricerca del posto.
- Inefficienza: la mancanza di dati precisi sul parcheggio e la mancanza di politiche di mobilità innovative hanno diffuso una problematica paradossale in quanto circa un terzo degli stalli urbani è vuoto in qualsiasi momento.
- Inquinamento: la ricerca del posto libero causa un prolungato utilizzo dell'automobile e quindi maggiori emissioni di CO₂.

Spesso quando si parla di progresso nel campo della mobilità si tende a focalizzarsi unicamente sul flusso del traffico quando in realtà il problema del parcheggio è primario. Basti pensare che un'automobile mediamente passa il 5% della sua vita in movimento ed il restante 95% ferma. Tuttavia, come si vedrà nei successivi paragrafi, i progressi nella connettività dei veicoli, nelle infrastrutture smart e nelle varie applicazioni IoT stanno generando nuove possibilità di parcheggio. Sensori e videocamere possono offrire informazioni in tempo reale sulla disponibilità di posti o sul bisogno di manutenzione, alimentando le piattaforme di aggregazione digitale con dati relativi a prezzi e distribuzione della domanda, andando a migliorare l'esperienza degli utenti.

2.1 Sistemi di Smart Parking: Stato dell'arte

Il settore dei parcheggi in Europa e Nord America sta subendo un processo di innovazione verso sistemi "smart". Oltre ad adottare soluzioni di automazione e software avanzati per la prenotazione ed il pagamento dei parcheggi, ci si sta integrando man mano con altre soluzioni per la mobilità, anche grazie all'utilizzo di tecnologie provenienti dal settore delle comunicazioni e dell'informatica. Il rapido sviluppo delle tecnologie wireless (2G, 3G, 4G, 5G), delle reti a lungo raggio di copertura, dell'analisi dei big data insieme all'evoluzione dei pagamenti contactless e di altri metodi di pagamento sono fattori abilitanti per lo sviluppo di parcheggi intelligenti.

Per "Smart Parking" si intende qualsiasi sistema che aiuti chi guida a cercare un posto disponibile per il parcheggio e che velocizzi e semplifichi il processo di pagamento.

Nell'accezione più recente si riferisce all'uso di dispositivi di rilevamento per determinare lo stato di occupazione del posto. I dispositivi di rilevamento sono vari: telecamere, cancelli all'entrata del parcheggio o sensori solitamente installati sul fondo stradale.

I dati possono essere analizzati e trasmessi attraverso vari canali come applicazioni mobili, applicazioni web e segnaletica stradale dinamica. In questo modo gli utenti ricevono le informazioni sul posto più vicino, eventualmente con la relativa tariffa e, in caso di assenza di

posto, possono essere reindirizzati verso opzioni alternative. L'accuratezza degli algoritmi e l'usabilità delle applicazioni sono le determinanti per il successo del sistema di smart parking.

Esistono numerosi sistemi di smart parking, che come si vedrà, differiscono per la tecnologia di rilevamento utilizzata. I principali obiettivi sono:

- Verificare lo stato libero/occupato del posto
- Fornire informazioni in tempo reale agli automobilisti per diminuire i tempi di ricerca del parcheggio
- Ridurre il tempo che il personale addetto al controllo dedica alla verifica dei contrassegni
- Raccogliere dati che possano consentire di prendere decisioni strategiche "intelligenti"
 come ad esempio una tariffazione ottimale del parcheggio variabile in base alla domanda

•

L'implementazione di sistemi di smart parking può creare benefici e valore aggiunto per diversi stakeholder: gli operatori e i proprietari dei parcheggi, i proprietari delle auto e per l'ambiente stesso.

- Per quanto riguarda proprietari ed operatori dei parcheggi, le informazioni raccolte dai sistemi possono essere sfruttate per predire futuri "pattern" del parcheggio, valutando ad esempio in quali ore della giornata vi è una maggiore domanda di posti in determinate zone delle città. Attraverso queste informazioni è possibile adottare delle strategie di pricing che, sfruttando i momenti di picco della domanda, possono massimizzare i profitti derivanti dal parcheggio.
- Dal punto di vista ecologico, l'ottimizzazione e la velocizzazione del processo di ricerca del posto libero comporta una riduzione del livello di inquinamento dovuto alle emissioni dell'auto.

 I proprietari delle auto, naturalmente, guadagnano in termini di tempo risparmiato per trovare il posto e riduzione della congestione del traffico dovuto, come visto precedentemente, anche ai giri a vuoto delle auto alla ricerca del parcheggio. Con le informazioni fornite dai sistemi, infatti, i conducenti possono verificare la presenza di posti in un parcheggio chiuso o in una zona precisa e in caso di assenza dirottare immediatamente verso il posto disponibile più vicino.

In letteratura si parla di sistemi di smart parking già a partire dal 2000. Il concetto di "intelligenza" ha subito un'evoluzione parallelamente all'avanzamento tecnologico dei dispositivi coinvolti nei sistemi. I sistemi di parking, come tutte le tecnologie smart, sono composti da tre strati principali: al livello inferiore ci sono i dispositivi di rilevamento, a livello intermedio le reti che inoltrano i dati e al livello superiore le piattaforme di immagazzinamento dati e l'interfaccia con il cliente.

A seconda dei differenti dispositivi di rilevamento che utilizzano, i sistemi di smart parking si suddividono in 3 macro-categorie:

- Sistemi basati su sensori.
- Sistemi basati su videocamere
- Sistemi di crowdsensing e crowdsourcing

2.1.1 I sistemi basati sui sensori

I sistemi basati sui sensori sono molto diffusi in quanto presentano numerosi vantaggi come: flessibilità, "intelligenza", costi limitati, installazione semplice e sensibilità.

I sensori possono essere interrati, installati sulla superficie del suolo o al soffitto (in caso di parcheggi chiusi). [11]

Essi si distinguono in base al principio di misurazione utilizzato. Ognuno di essi è più o meno adatto a seconda che si tratti di un parcheggio off-street o on-street e delle condizioni al contorno (come condizioni metereologiche e presenza di ostacoli).

• **Ultrasuoni**: questi sensori emettono onde sonore tra i 25 e i 50 kHz e individuano il veicolo attraverso l'energia riflessa. Vengono posizionati sul soffitto nei parcheggi chiusi in corrispondenza di ogni posto auto e le onde sonore permettono il rilevamento della presenza del veicolo nella piazzola sottostante. A seconda della distanza in cui le onde vengono riflesse, il sensore è in grado di distinguere tra un veicolo e una persona. Hanno una batteria integrata che elimina la necessità di installare cavi e centraline. Essi vengono connessi alla rete per raccogliere e inviare informazioni sullo stato del posto in tempo reale.

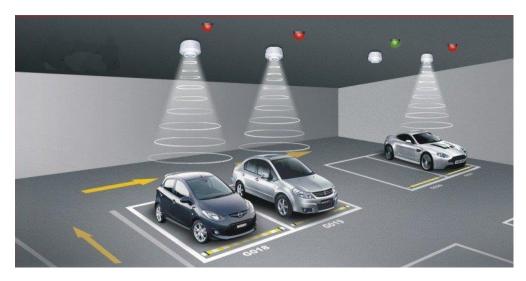


Figura 2. 2: Parcheggio con sensori ad ultrasuoni

• Infrarossi attivi e passivi: i passivi identificano lo stato di occupazione del posto rilevando i cambiamenti nell'energia emessa dai veicoli che si posizionano al di sopra di essi. I sensori attivi emettono energia a infrarossi e rilevano qualsiasi oggetto o veicolo dalla quantità di energia riflessa. La principale limitazione è legata al fatto che entrambi i sensori sono sensibili all'ambiente e non sono precisi in presenza di neve o pioggia, il che li rende più adatti a parcheggi al chiuso che su strada. I sensori passivi a infrarossi devono essere posizionati sotto il suolo o sul soffitto mentre i sensori attivi sono normalmente montati sopra un parcheggio.

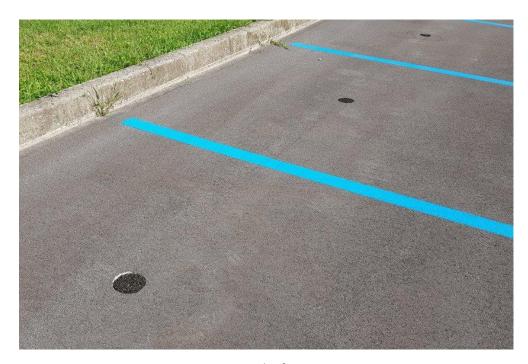


Figura 2. 3: Sensori ad infrarossi interrati

- Magnetometri: individuano la presenza del veicolo sfruttando la variazione del campo magnetico terrestre indotta dalla presenza della massa ferrosa del veicolo.
 - Non sono sensibili alle condizioni metereologiche quindi sono molto adatti al parcheggio on-street. Anch'essi sono alimentati a batterie che eliminano la necessità di cablaggi e durano alcuni anni, permettendo l'installazione anche in ambienti estesi e complessi. Vengono installati sul suolo in corrispondenza di ogni posto auto poiché il loro funzionamento necessita la vicinanza del veicolo.
- Radar: questo sensore trasmette l'energia attraverso un'antenna e rileva il veicolo grazie all'energia riflessa sull'antenna.
- Sensore piezoelettrico: è fatto di un materiale processato in modo tale da essere capace di convertire energia cinetica in elettrica quando è soggetto a vibrazioni o a un impatto meccanico. Tra gli svantaggi vi è la particolare sensibilità alle alte temperature che lo rende inadatto a parcheggi su strada in luoghi in cui le temperature estive sono alte.

Alcuni sensori in commercio, compreso quello oggetto di questo elaborato, utilizzano più tecnologie contemporaneamente, in modo tale da sfruttare i punti di forza di ognuna di esse. Tutti questi sensori necessitano naturalmente di essere connessi ad una rete per poter inviare i dati raccolti e fare in modo che le informazioni siano fruibili dagli utenti.

2.1.2 I sistemi basati su videocamere

In questo tipo di sistemi la telecamera può essere utilizzata per il riconoscimento della targa o per identificare, come per i sensori, lo stato di occupazione del posto utilizzando la visione artificiale.

Nel primo caso, adatto a parcheggi chiusi, la telecamera viene collocata vicino all'ingresso di un parcheggio chiuso e riconosce la targa dei veicoli in entrata e in uscita. In base al numero di veicoli che entrano ed escono può contare il numero dei posti auto liberi. Tuttavia, utilizzando questo sistema non è possibile rilevare lo stato di occupazione del singolo posto.

Nel secondo caso, invece, le telecamere sono poste a sorveglianza del maggior numero di stalli possibile. Esse inviano l'immagine al server che attraverso un algoritmo è in grado di identificare e comunicare lo stato del posto auto (libero o occupato), quindi di trasformare l'immagine in un semplice dato, che viene inviato ad un software gestionale, proprio come avviene nel caso dei sensori. [12]

In questo modo il dato viene processato e l'informazione distribuita a tutte le persone che partecipano al processo di sosta.

Per ottimizzare l'utilizzo delle telecamere, esse vengono posizionate nel punto più in alto possibile inserendo parametri di misurazione in base alla tipologia di area da sorvegliare. La distanza e la precisione di misurazione dipendono, infatti, dall'altezza della telecamera e dalla presenza o meno di ostacoli nelle vicinanze dell'area di rilevazione.



Figura 2. 4: Telecamera di sorveglianza parcheggio all'aperto (Smart Parking Systems)

I benefici dell'utilizzo di telecamere invece dei sensori sono:

- Possibilità di utilizzare telecamere esistenti in modo da ridurre l'impatto economico dell'implementazione;
- Possibilità di analizzare lo stato di diversi posti auto con un'unica telecamera limitando notevolmente gli investimenti.

Anche le telecamere comunque presentano dei limiti legati principalmente alla visibilità. Il loro funzionamento infatti può essere limitato da elementi naturali, come alberi di grandi dimensioni, nebbia o illuminazione non adeguata che ostacolano la vista chiara del luogo. L'azione degli agenti atmosferici inoltre causa la necessità di manutenzione ben più frequente rispetto ai sensori. Infine, negli spazi più ristretti, dove una telecamera non riesce ad essere posizionata in quota, potrebbe essere necessario un elevato numero di dispositivi.

2.1.3 Sistemi di crowdsensing e crowdsourcing

Per *crowdsensing* si intende il processo di raccolta dati attraverso dispositivi intelligenti utilizzati da un gruppo di utenti. Il crowdsensing mobile, in particolare, utilizza le capacità di rilevamento degli smartphone per raccogliere e condividere informazioni mentre gli utenti

sono in movimento. Questi dispositivi sono dotati, infatti, di diversi sensori come fotocamera, microfono, GPS, accelerometro, bussola digitale, sensore di luce, sensore di prossimità, temperatura, barometro ecc. che consentono il rilevamento delle condizioni circostanti. Il crowdsensing mobile, è una soluzione efficiente per molti problemi che necessitano la raccolta di dati in tempo reale e il coordinamento di un grande numero di partecipanti. Risulta quindi molto adatto ai sistemi di smart parking.

L'obiettivo dello Smart Parking tramite crowdsensing è quello di informare i conducenti, in maniera istantanea, circa la presenza di un posto auto libero il più vicino possibile alla loro destinazione. A questo scopo il sistema raccoglie i dati rilevanti dai conducenti partecipanti, e quindi utilizza questi dati per indirizzare gli utenti verso gli spazi di parcheggio liberi. Il sistema è composto da tre elementi: il server centrale, i dispositivi e gli utenti.



Figura 2. 5: App per Smartphone per la visualizzazione di posti liberi basata sul Crowdsensing

Il server raccoglie i dati dai conducenti che riportano attraverso i dispositivi le loro destinazioni all'inizio del viaggio, la location attuale, e la velocità della macchina mentre guidano e la disponibilità di posti in una certa strada quando arrivano. Usando le informazioni in tempo reale il server mantiene la mappa del parcheggio costantemente aggiornata. Quando un

utente inserisce la destinazione, il server ricerca nella mappa i potenziali parcheggi vuoti e invia al cliente il risultato della ricerca (sia la localizzazione specifica del posto che la direzione da seguire per raggiungere il posto stesso.)

I conducenti, quindi, devono essere muniti di dispositivi (smartphone, tablet PC e navigatori GPS) che possono comunicare con il server. Si presume che tali dispositivi abbiano funzionalità GPS e connessione Internet. Essi possono caricare dati "geotaggati" e possono scaricare i risultati delle ricerche relative alla disponibilità di slot di parcheggio. Il dispositivo deve essere dotato di una semplice interfaccia che consenta agli utenti di inserire manualmente i dati rilevanti quando non stanno guidando. I dispositivi possono anche raccogliere automaticamente i dati dei sensori senza l'intervento dei conducenti mentre l'auto è in movimento.

Gli utenti sono i conducenti stessi che hanno accesso al servizio tramite i loro dispositivi. Essi, come detto in precedenza, devono inserire la destinazione prima di iniziare a guidare, proprio come avviene per i servizi GPS. Durante il tragitto, essi ricevono consigli dal sistema sul potenziale posto auto quando si avvicina alla sua destinazione. La tratta può essere seguita o meno ma il dispositivo segnalerà in ogni caso la sua rotta di crociera al server, alimentando quindi la raccolta dati. All'inizio e alla fine di un viaggio, può essere previsto che lo smart parker (l'utente che ha usufruito del servizio) risponda a una domanda sulla disponibilità di parcheggio nell'area circostante, inserendo manualmente una risposta nel dispositivo. [13]

Un vantaggio di questo metodo rispetto all'utilizzo di sensori e telecamere risiede nel costo. L'installazione di sensori e telecamere infatti comporta ingenti costi iniziali e di manutenzione (almeno per buona parte dei sensori presenti sul mercato), motivo che inibisce l'adozione diffusa nella maggior parte delle città: il costo medio di manutenzione per ogni sensore che monitora un singolo parcheggio è oltre \$ 20 al mese. D'altra parte però questo sistema può funzionare solo se utilizzato da una massa critica di utenti che inseriscono dati manualmente o che registrano passivamente i dati attraverso il GPS dello smartphone. Inoltre è un sistema abbastanza complesso che necessita che gli utilizzatori partecipano attivamente alla segnalazione dei dati.

Nell'ambito del crowdsensing/ crowdsourcing, la Robert Bosch, di cui si approfondirà nel prossimo capitolo, ha sviluppato un sistema chiamato "Community Based Parking" che consente alle auto stesse di raccogliere dati sui posti liberi transitando per la città.

Il "Community Based Parking" prevede l'installazione di sensori sui veicoli che, girando per la città, rilevano la presenza di posti liberi misurando la distanza tra le auto parcheggiate al lato della carreggiata.

I veicoli più recenti sono già dotati di questi sensori, quindi non è necessaria alcuna modifica o installazione. I dati raccolti vengono inviati al cloud in modo anonimo e vengono elaborati automaticamente. Il software usa un algoritmo per trasformare i dati in informazioni utili per i conducenti alla ricerca di un parcheggio. Attraverso l'intelligenza artificiale si riesce a distinguere, ad esempio, tra un spazio vuoto a causa di una strada laterale ed un posto libero. I dati vengono mostrati all'interno del veicolo attraverso un'interfaccia utente su una mappa. Gli spazi di parcheggio liberi che vengono mostrati corrispondono esattamente ai requisiti specificati dal conducente: sono abbastanza grandi per il veicolo o sono, ad esempio, dotati di una stazione di ricarica nel caso di macchine elettriche.

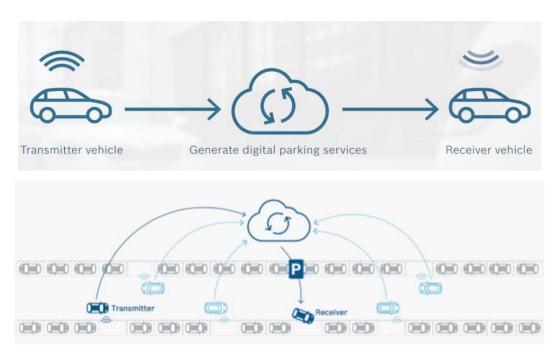


Figura 2. 6: Schema del funzionamento del Community-Based Parking

Anche in questo caso, essendo un sistema basato sulla "folla", quanto più alto è il numero di utilizzatori e quindi di veicoli dotati di sensori, tanto più il processo è accurato ed efficace. Il sistema, inoltre, richiede installazione di sensori e di hardware per la connettività sui veicoli. Si tratta quindi di un progetto molto interessante e ad elevato potenziale che però non può generare i suoi frutti nell'immediato perché appunto ha bisogno una massa critica di utilizzatori che installino sensori sui propri veicoli.

La Bosch, pertanto, nel frattempo sta puntando in ambito smart parking ad un sistema di sensori connessi alla rete LoraWan, oggetto del prossimo capitolo, che è applicabile nell'immediato e garantisce grande accuratezza ed efficacia nella rilevazione dei posti e nella trasmissione delle informazioni.

La Tabella a pagina seguente riporta le tre tipologie di Smart Parking analizzate evidenziando punti di forza e di debolezza di ognuna di esse.

Tipo di Soluzione	Sensori	Videocamera	Crowd-Based	
Descrizione	Individua veicoli con una combinazione di sensori elettromagnetici, infrarossi o ad ultrasuoni installati sotto o sopra l'asfalto	Individua veicoli attraverso degli algoritmi software su flussi video utilizzando processori installati nella telecamera	Raccoglie dati provenienti da smartphone per individuare posti auto liberi o che lo saranno nel breve periodo	
Maturità	10+ anni	2-3 anni	2-3 anni	
Copertura	Uno per posto auto	Variabile, dipendente dalla configurazione del parcheggio	Variabile, dipendente dall'adozione da parte dei guidatori	
Tipo di Parcheggio	di Parcheggio Parcheggi delimitati Qualsiasi tipo parcheggio		Qualsiasi tipo di parcheggio	
Precisione	Precisione Alta		Variabile	
Costi	Alti	Alti	Alti Bassi	
Implementazione	ple mentazione Semplice Semplice		Nessuna	
Limitazioni	Richiede un'infrastruttura granulare che è dispendiosa da implementare e mantenere; deve essere sostituita al termine della vita delle batterie	Richiede telecamere costose con processori integrati.	Richiede una massa critica di utilizzatori per essere precisa e per avere una copertura geografica sufficiente	

Figura 2. 7: Confronto Sistemi di Smart Parking

2.2 Il caso SFpark di San Francisco

Negli Stati Uniti si parla di "smart parking" già da alcuni anni. Nell'ambito dei sistemi basati sui sensori, che sono quelli di principale interesse per questo lavoro di tesi, un caso di applicazione con risultati positivi e quantificabili è quello di SFpark di San Francisco.

La San Francisco Municipal Transportation Agency (SFMTA), l'agenzia che gestisce i trasporti in città, ha istituito il progetto pilota di SFpark, utilizzando tecnologie e politiche per migliorare il parcheggio a San Francisco. Lo scopo del progetto è stato quello di ridurre il traffico aiutando i conducenti a trovare gli spazi di parcheggio più rapidamente e introdurre un nuovo approccio alla tariffazione del parcheggio.

Alla base dell'approccio del progetto SFpark vi è, infatti, un pricing "demand-responsive" ovvero una strategia di pricing che regola i prezzi in base alla domanda del bene, in questo caso quindi va ad aumentare/abbassare i prezzi a seconda delle ore della giornata in cui il parcheggio è più o meno richiesto. L'obiettivo è quello di garantire un livello minimo di disponibilità di posto auto in modo tale che sia possibile trovare posto in ogni isolato ed in ogni garage per la maggior parte del tempo. Raggiungere il target di disponibilità significa anche ottimizzare l'uso degli stalli in modo tale che non restino inutilizzati.

Il progetto ha coinvolto sia parcheggi on-street che off-street.

Nel caso dei parcheggi on-street, il target fissato è un tasso di occupazione degli stalli del 60-80%. A tal fine, grazie ai dati raccolti dai sensori, è stato possibile adottare una strategia di pricing che basa il prezzo del parcheggio sul tasso di occupazione dello stallo.

Il tasso di occupazione dello stallo è stato calcolato in questo modo:

$$\frac{\textit{Tempo di occupazione totale}}{\textit{Tempo di occupazione totale} + \textit{Tempo di disponibilità totale}} \cdot 100$$

La strategia di pricing adottata è la seguente:

- Tasso di occupazione 80-100%: la tariffa oraria è stata aumentata di 0,25 \$;
- Tasso di occupazione 60-80%: la tariffa oraria non è stata modificata;
- Tasso di occupazione 30-60%: la tariffa è stata ridotta di 0,25\$;

Tasso di occupazione minore del 30%: la tariffa è stata ridotta di 0,50 \$.

Per quanto riguarda i parcheggi off-street, vi è stata una semplificazione delle tariffe delle strutture che hanno aderito al progetto, in particolare sono stati ridotti gli sconti che incoraggiavano gli spostamenti nelle ore di punta. Inoltre, l'SFMTA ha cambiato le tariffe dei garage secondo le seguenti regole:

- Tasso di occupazione 80-100%: la tariffa oraria è stata aumentata di 0,50 \$;
- Tasso di occupazione 40-80%: la tariffa oraria non è stata modificata;
- Tasso di occupazione minore del 40%: la tariffa è stata ridotta di 0,50 \$.

Al fine di rendere più facile la ricerca del posto e, in generale, migliorare l'esperienza del parcheggio, sono state utilizzate per i progetti piloti di SFpark, diverse strategie:

- Prezzi reattivi alla domanda
- Semplificazione del pagamento ai parchimetri
- Limiti di tempo più lunghi
- Interfaccia utente dell'applicazione semplice
- Informazioni per i driver, come segnali direzionali ai garage e informazioni in tempo reale su dove è disponibile il parcheggio su strada e fuori strada
- Modifiche ai prezzi del parcheggio attraverso un approccio altamente trasparente,
 basato su regole ben stabilite e sui dati raccolti dai sensori.

La fase pilota è durata due anni (dal 2011 al 2013) ed i dati raccolti durante il periodo pilota sono stati utilizzati per valutare se questo nuovo approccio alla gestione dei parcheggi abbia generato i benefici attesi.

Per isolare e misurare gli effetti sono stati designati 7 distretti come aree pilota per l'implementazione del parcheggio "smart", essi comprendono 6000 stalli (un quarto dei totali della città) e 12.250 stalli all'interno di garage.

Sono state inoltre utilizzate due aree di controllo in cui non sono state applicate tecnologie smart in modo tale da confrontarle con le aree pilota.

Per il progetto, SFpark ha utilizzato diverse tecnologie emergenti, tra cui parchimetri intelligenti, sensori di parcheggio e un sofisticato strumento di gestione dei dati.

I sensori di parcheggio utilizzati sono magnetometri interrati con batteria a litio e sono stati installati in circa 8.200 stalli su strada nelle aree pilota in Tabella 2.1.

Il principio di funzionamento è quello standard dei sistemi smart basati su sensori: questi ultimi comunicano il dato ai ripetitori che poi lo trasmettono al gateway.

Area	Spaces with sensors	Total number of sensors	Repeaters	Gateways
Downtown	1,795	2,575	98	13
South Embarcadero	1,663	2,331	65	11
Civic Center	914	1,348	39	5
Mission	1035	1578	26	6
Fillmore	739	1161	40	7
Fisherman's Wharf	652	777	26	3
Marina	400	616	17	5
Union	262	485	9	2
Richmond	528	585	19	3
West Portal	240	461	7	3
Total	8,228	11,917	346	58

Tabella 2. 1: Numero di sensori, ripetitori e gateway per ogni area pilota del progetto SFpark

La fase pilota iniziata a Marzo 2011, si è conclusa nel 2014 ed è stato pubblicato un report sui risultati raggiunti.

Dal punto di vista tecnico le batterie dei sensori avrebbero dovuto avere una durata di circa cinque anni ma hanno iniziato a fallire tra la fine del 2012 e l'inizio del 2013, circa un anno prima del previsto. La distribuzione geografica dei guasti delle batterie è apparentemente casuale, non sono raggruppati secondo uno schema riconoscibile e sono difficili da prevedere. Nel corso del periodo di valutazione pilota di due anni (vale a dire fino a Giugno 2013), l'SFMTA ha effettuato dieci aggiustamenti della tariffa stradale.



Grafico 2. 1: Tariffe dei parcheggi on-street e off-street prima e dopo il progetto pilota SFpark

Alla fine della fase pilota (primavera 2014) è stato pubblicato il rapporto di valutazione del progetto [14], i risultati osservati sono i seguenti:

- In media il prezzo del parcheggio on-street nel corso del progetto pilota è diminuito di 0,11\$, mentre quello off-street di 0,42\$.
- Il numero di volte in cui è stato raggiunto il target di occupazione del singolo stallo (60-80%) è aumentato del 31%.
- Il numero di volte in cui i blocchi erano troppo pieni per parcheggiare è diminuito del 16% nelle aree pilota.

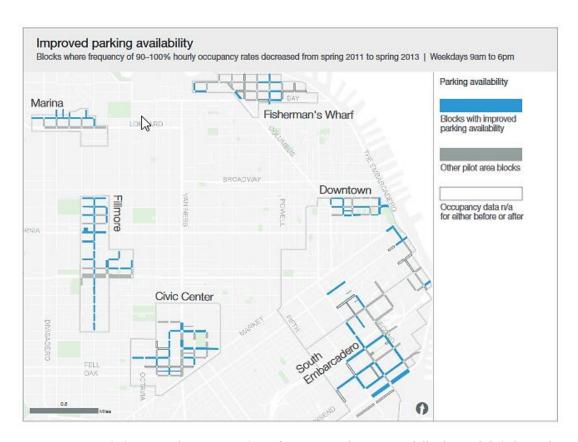


Figura 2. 8: Zone pilota in cui si è verificato un miglioramento della disponibilità di parcheggi

Oltre a questi effetti, vi sono numerosi benefici secondari osservati a seguito del progetto pilota:

- Nelle aree pilota la quantità di tempo spesa dalle persone a cercare il posto nelle aree pilota, è diminuita del 43% rispetto al solo 13% nelle aree di controllo.
- Le auto generavano 7 tonnellate di gas serra al giorno cercando posto. Esse sono diminuite del 30% nelle aree pilota rispetto al 6% nelle aree di controllo.
- La disponibilità di parcheggio on-street è aumentata del 22% durante gli orari di punta e del 12% nel resto della giornata.
- Il volume del traffico è diminuito dell'8%.
- Nelle aree pilota si è assistito ad una diminuzione del 30% delle miglia di viaggio percorse dalle auto. Da 8134 miglia al giorno nel 2011 a 5721 nel 2013.
- Nelle aree pilota si è verificato inoltre una diminuzione dei casi di parcheggio in doppia fila del 22%.

 Nonostante gli obiettivi principali del progetto fossero prevalentemente sociali ed ambientali, si è verificato anche un aumento dei ricavi dei parcheggi di circa 1,9 milioni di dollari all'anno. I ricavi dalle multe per i parcheggi invece sono diminuiti di \$ 0,5 milioni.

3 Il caso studio: Smart Parking Bosch

Nel corso del capitolo 3 verrà introdotto il sistema di Smart Parking nei suoi tre componenti:

- Sensori Bosch
- Rete LoRaWan A2A
- Piattaforma dati ed applicativo Arduino

Questi elementi corrispondono a quelli che costituiscono la base tecnologica di una Smart City di cui si è parlato nel Paragrafo 1.2.1.

Verranno inoltre introdotte le varie aziende partner che fanno parte del progetto.

3.1 Il progetto Smart Parking di Bosch e il Kit

La soluzione sviluppata da Bosch di cui si tratta in questo elaborato, rientra nella tipologia di Smart Parking basata sull'utilizzo di sensori.

L'ecosistema implementato nel caso di studio comprende in aggiunta il Network Server Patavina Netsuite di proprietà di A2A e l'applicativo con frontend e backend sviluppato da Arduino.

I sensori individuano lo stato di occupazione del posto e, tramite il Gateway della rete a cui sono connessi, inviano il dato al network server LoRaWAN che lo elabora e lo rende disponibile sull'applicativo sottoforma di una mappa della città che evidenzia i posti liberi.

Lo schema di funzionamento del sistema è rappresentato in Figura 3.1:

Operation: End2End communication

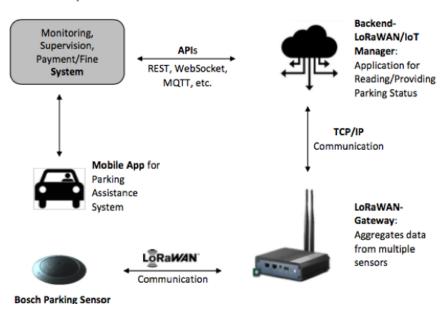


Figura 3. 1: Schema di funzionamento del sistema Smart Parking

I principali obiettivi del sensore ideato da Bosch sono:

- Ridurre la congestione del traffico dovuta alla ricerca del parcheggio indirizzando gli automobilisti verso stalli liberi.
- Garantire un corretto utilizzo delle colonnine di ricarica delle auto elettriche: gli stalli
 in corrispondenza delle colonnine dovrebbero essere utilizzati solo mentre le auto sono
 in fase di ricarica ed essere poi liberati. L'utilizzo di sensori che verificano la presenza
 di auto può agevolare l'intervento delle autorità in caso di trasgressori.
- Rendere il parcheggio delle auto autonome più semplice: obiettivo più "futuristico" concretizzabile solo in un arco temporale più grande che però trova fondamento nella natura innovativa di Bosch nel settore della mobilità.

Il sistema è già commercializzabile sia in Germania che in Italia. Il business è di tipo B2B in quanto Bosch fornisce unicamente il sensore che deve essere integrato in ambienti in cui è già presente una rete LoRaWAN e l'applicativo deve essere fornito dall'utente finale, che solitamente non è direttamente il proprietario/gestore del parcheggio ma un integratore, cioè

un'azienda che si occupa di integrare la tecnologia mettendo insieme sensore, rete e applicativo da vendere all'utente finale.

Nel presente elaborato, però, verrà evidenziata la partnership creata in Italia con l'azienda A2A, multi-utility attiva nella produzione, distribuzione e vendita di energia elettrica e gas, e che negli ultimi anni ha creato una propria divisione "smart" fornendo soluzioni di rete abilitanti per le tecnologie IoT. All'interno dell'ecosistema in questione A2A fornisce il network server della rete LoRaWAN abilitante per la trasmissione dei dati dai sensori.

Resta tutt'ora aperta la questione dell'applicativo, il cui sviluppo, in una prima fase sperimentale è stato affidato ad Arduino. Tuttavia, sussiste è la possibilità di fornire la soluzione sensori + rete, da integrare con gli applicativi dei gestori dei parcheggi che solitamente già dispongono di piattaforme di raccolta dati per la gestione degli stalli e dei pagamenti.

Una prima Milestone del progetto è stata quella di creare un kit che permettesse agli utenti finali di familiarizzare con la tecnologia. Si tratta di una vera e propria valigetta contenente 3 sensori, un gateway per la rete LoRaWAN, da vendere come test a gestori di parcheggi privati o dei punti di applicazione che verranno menzionati in seguito.



Figura 3. 2: Kit comprensivo di 3 sensori e un gateway LoRaWAN

Il kit, compreso di applicativo completamente sviluppato, sarà pronto per luglio. L'esperienza del kit ha permesso a tutte le parti coinvolte di accrescere il proprio know-how in materia, aumentando il valore di questa attività arricchito da soft skills interaziendali.

3.2 Il gruppo Bosch

Robert Bosch Gmbh è un'azienda multinazionale tedesca, maggiore produttrice mondiale di componentistica per autovetture.

Le origini risalgono al 1886, anno in cui Robert Bosch (1861 - 1942) aprì a Stoccarda l'"Officina di meccanica di precisione ed elettrotecnica". Il punto di partenza per la rapida espansione dell'azienda, nonché prima grande innovazione per il settore automotive, fu il magnete per l'accensione a bassa tensione di cui in pochi anni divenne l'unico fornitore veramente affidabile. Ciò lo portò all'apertura del primo stabilimento industriale Bosch nel 1901 dove l'anno dopo fu sviluppata una nuova soluzione per l'accensione magnetica ad alta tensione: la candela. Questo prodotto ha permesso all'azienda di diventare un colosso mondiale per la fornitura di componenti per il settore automobilistico.

Oggi il gruppo Bosch è fornitore leader, a livello globale, di tecnologie e servizi. Nel 2018 ha registrato un fatturato di 78,1 miliardi e circa conta 400 000 dipendenti distribuiti in 4 diverse aree di business: Automotive Solutions, Industrial Technologies, Customer Goods, Energy and Building Technology.

Le attività internazionali di ricerca e sviluppo, produzione e vendita sono alla base della continua crescita. L'azienda conta circa 3213 brevetti in tutto il mondo. Seguendo lo slogan "tecnologia per la vita" Bosch si propone di migliorare la qualità della vita offrendo soluzioni innovative.

La Robert Bosch ha una struttura societaria peculiare: è una società privata quasi completamente controllata da una fondazione con scopo benefico e non è quotata sui mercati finanziari. Questo tipo di struttura, gli garantisce una grande autonomia finanziaria, infatti una buona parte dei profitti è reinvestita nella società per sostenerne la crescita futura ma quasi la totalità degli utili distribuiti agli shareholders sono devoluti a cause benefiche.

Il Gruppo è partecipato al 92% dalla fondazione Robert Bosch, al 7% dalla famiglia Bosch e al 1% dalla Robert Bosch GmbH.

3.1.1 | Settori di Business del Gruppo

Di seguito sono descritti nel dettaglio i quattro settori di business in cui opera l'azienda:

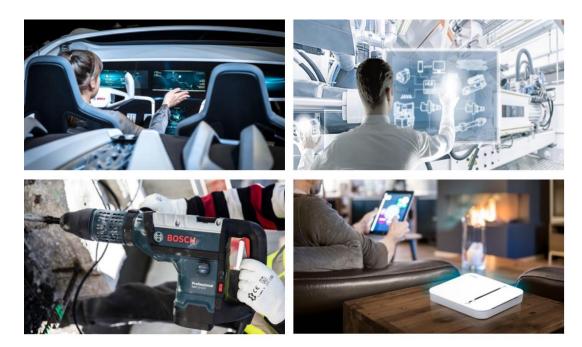


Figura 3. 3: Settori di Business di Bosch

Mobility Solution: è il business principale e garantisce circa il 61% del fatturato. All'interno di questo settore sono riunite le competenze del Gruppo in tre ambiti della mobilità: automazione, elettrificazione e connettività allo scopo di offrire ai clienti soluzioni integrate per la mobilità. Si articola in macro-aree di attività: sistemi di iniezione diesel per auto e veicoli commerciali, sistemi di iniezione benzina, sistemi per la sicurezza attiva e passiva (impianti di frenata idraulici, airbag, sistemi ABS, ASR, ESP), dispositivi elettrici (starter, alternatori e motorini) e prodotti per la comunicazione mobile (autoradio, sistemi di navigazione, telematica ed intrattenimento). A queste si aggiunge la nuova divisione Connect Mobility Solution, nata a Gennaio 2018 per offrire ai consumatori soluzioni connesse da una unica fonte e per sviluppare ulteriormente l'"Automotive Cloud Suite".

- Industrial Technology: genera circa il 8% del fatturato. Il settore include la divisione Drive and Control Technology che si occupa di soluzioni personalizzate di azionamento, controllo e movimento lineare per l'automazione di fabbrica, la costruzione e l'ingegneria di impianti e macchinari. La divisione Packaging Technology, invece, fornisce soluzioni di processo e di imballaggio per l'industria farmaceutica e alimentare. Vi è, infine, una nuova Business Unit: Bosch Connected Industry che fa parte del settore industriale della tecnologia industriale dall'inizio del 2018. Essa combina lo sviluppo del software e i progetti relativi all'Industria 4.0 che erano stati precedentemente distribuiti su diverse unità.
- Customer Goods: Garantisce il 24% del fatturato. Offre una vasta gamma di elettrodomestici moderni, ad alta efficienza energetica e sempre più connessi. Il suo portafoglio di prodotti spazia dalle lavatrici e asciugatrici a tamburo attraverso frigoriferi e congelatori, stufe e forni e lavastoviglie, fino a piccoli elettrodomestici come aspirapolvere, caffettiere e robot da cucina.
 - Di questo settore, inoltre, fa parte la divisione Power Tools e che produce utensili elettrici (trapani, cacciavite ecc.), accessori per utensili elettrici e tecnologia di misurazione.
- Energy and Building Technology: contribuisce al 7% del fatturato. La divisione Termotecnica fornisce prodotti per il riscaldamento ad alta efficienza energetica e soluzioni per la produzione di acqua calda. La divisione Security Systems sviluppa prodotti e soluzioni per la videosorveglianza ed il controllo degli accessi, allarmi anti-intrusione e antincendio, sistemi audio e servizi legati al monitoraggio da remoto. Il settore include anche Bosch Energy and Building Solutions GmbH, specializzata in servizi per il miglioramento dell'efficienza energetica degli immobili commerciali.

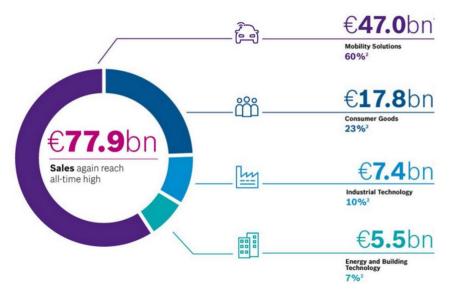


Figura 3.4 Fatturato 2018 per le 4 aree di business di Bosch

3.2.2 IoT in Bosch

L'Internet of Things sta lentamente cambiando il modo in cui lavoriamo e viviamo. Seguendo il suo slogan "Tecnologia per la vita", Bosch sta sviluppando tantissime nuove applicazioni della connettività che mirano a semplificare la vita di chi le utilizza.

L'azienda opera su tutti e tre i livelli della connettività IoT: dispositivi "intelligenti", piattaforma software (Bosch IoT Suite), ed infine applicazioni e servizi. Lo scopo è quello di fare in modo che tutti i dispositivi dotati di internet siano registrati su l'unica piattaforma Bosch IoT Suite.

I vari settori di business hanno già creato diverse soluzioni di connettività.

Inoltre con l'aiuto dell'intelligenza artificiale sarà possibile creare nuove aree di business basati su sensori e analisi di dati. Un esempio è nel campo dell'agricoltura dove, tramite sensori nel terreno e nell'acqua, Bosch si propone di ottimizzare i rendimenti per una maggiore resistenza. A partire dall'inizio del 2016 è nata la nuova divisione Bosch Connected Devices and Solutions (BCDS) allo scopo di legare tutti gli utenti del trasporto e i veicoli ad internet insieme a tutti i servizi correlati. Ciò costituisce un elemento chiave delle future strategie di mobilità e offre un potenziale di crescita per Bosch. L'obiettivo è offrire al cliente delle soluzioni da un'unica fonte

Alcuni esempi sono: acquisizione dati wireless, servizi di mobilità elettrica, soluzioni di condivisione, soluzioni per combinare insieme differenti modalità di trasporto, e soluzioni di parcheggio connesso.

3.2.3 I sensori MEMS

L'Internet of Things si basa sull'integrazione in rete di una vasta gamma di dispositivi e oggetti. Una chiave essenziale in questo contesto è rappresentata dai sensori MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems).

Con oltre 7 miliardi di MEMS venduti dal 1993, Bosch è leader di mercato nella produzione di sensori per sistemi automobilistici e dispositivi consumer. Essi rappresentano un vantaggio competitivo enorme per l'azienda, nella corsa all'Internet of Things. Il portafoglio include sensori inerziali e ambientali di piccole dimensioni e a bassa potenza. Vengono prodotti circa 4 milioni di sensori al giorno.

La gamma di sensori di movimento MEMS comprende prodotti basati su gesti e movimenti: accelerometri, giroscopi, sensori geomagnetici, eCompass, unità di misurazione inerziale, sensori di orientamento assoluto ecc. [15] Essi sono progettati per varie applicazioni nel campo dei dispositivi mobili, dispositivi indossabili, IoT e Smart Home, dispositivi di gioco, di imaging e applicazioni industriali.

Entro il 2022, il mercato globale della mobilità connessa è destinato a crescere di quasi il 25% all'anno. In pochi anni, le auto diventeranno parte attiva dell'IoT attraverso l'applicazione di sensori MEMS e saranno in grado di comunicare con altri mezzi di trasporto, così come con accade nelle Smart Home.



Figura 3. 5 Gamma di sensori MEMS

3.3 Il sensore di parcheggio

Il sensore di parcheggio è prodotto negli stabilimenti Bosch dal 2016 e viene commercializzato da Bosch Connected Devices and Solutions.

Quest'ultima è la divisione di Bosch che si occupa di sviluppare dispositivi connessi e soluzioni ad hoc per l'Internet delle Cose, nata nel 2016 per assecondare il ruolo sempre più fondamentale di internet per la comunicazione tra oggetti. Essa offre sensori connessi customizzati combinati con i servizi di un player globale nella manifattura elettronica.

Il sensore di parcheggio è un sensore wireless, facilmente installabile, che individua e riporta lo stato di occupazione del parcheggio, e lo trasmette tramite rete LoRWAN (Long Range Wide Area Network) al Network Server che lo rende disponibile all'utente finale.

Dal punto di vista tecnico esso è costituito da due sensori indipendenti: il magnetometro che riconosce i cambiamenti del campo magnetico dell'ambiente circostante (Figura 3.6), ed il radar che misura la riflessività al di sopra del sensore.

La scelta di utilizzare il doppio sensore per l'individuazione della presenza del veicolo è dovuta alla volontà di ridurre il tempo di attività del radar il cui costo in termini energetici è molto superiore a quello del magnetometro. Quest'ultimo, però, non è in grado da solo di garantire l'accuratezza necessaria per l'identificazione del veicolo a causa dell'ampia variabilità delle forme dei veicoli pertanto viene utilizzato per identificare la variazione del campo magnetico che attiva il funzionamento del radar che può confermare o meno la presenza del veicolo.

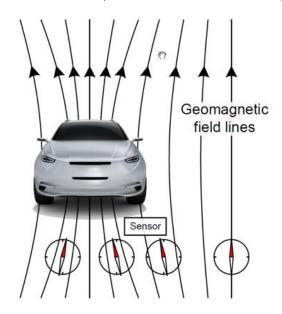


Figura 3.6: Variazione del campo magnetico dovuta alla presenza del veicolo

I due principi di misurazione sono poi integrati da un algoritmo, il vero punto di forza di questo prodotto, una sorta di Intelligenza Artificiale primitiva, che permette al sensore di effettuare un processo di "self-learning" per cui impara e riconosce la realtà intorno in base a una ripetizione di eventi di presenza/assenza del veicolo.

Un altro aspetto importante di questa soluzione è il basso impatto che esso ha sull'urbanistica, viene infatti incollato al terreno mediante una soluzione a doppio principio, senza necessità di perforare o scavare nella pavimentazione stradale.

Il sensore, inoltre, è in grado di auto-calibrarsi, l'operatore che installa il prodotto deve pertanto incastrare il "core" sulla superficie per inizializzare il prodotto senza necessità di calibrazione, facilitando ulteriormente sia la User-Experience e velocizzando il processo di installazione.



Figura 3. 7: Sensore Smart Parking Bosch

La batteria incorporata, infine, garantisce al sensore una durata di 5 anni anche grazie alla rete a bassa potenza attraverso cui vengono inviati i dati. La trasmissione del dato attraverso rete LoRaWAN, è, infatti, di tipo puntuale: avviene soltanto quando lo stato di occupazione cambia da libero a occupato e viceversa. Ciò aiuta la batteria ad avere una durata notevole.

Poichè il protocollo LoRaWAN è in continua evoluzione, sono in corso ulteriori setup per permettere di avere una trasmissione che sfrutti tutti gli otto canali della rete invece dei tre usati nella configurazione attuale. Ciò allungherebbe ulteriormente la vita utile del sensore, fino ad arrivare ad un potenziale di otto anni di shelf-life.

I parametri di performance del sensore sono quindi:

- Sviluppo di algoritmi di rilevamento dello stato di parcheggio ottimizzato basato su modello con milioni di dati da eventi di parcheggio reali;
- Prestazioni di rilevamento del cambiamento dello stato di parcheggio medio del 96% dimostrate in test di livello con più di 2000 sensori e più di 46 tipi di auto diversi in ambienti di parcheggio reali;
- Gli algoritmi adattivi garantiscono la massima affidabilità di rilevamento durante l'intera vita del sensore;
- Calibrazione in autoapprendimento durante i primi cinque eventi di parcheggio;
- Segnalazione delle variazioni dello stato del parcheggio entro 35 secondi.

Per quanto riguarda l'installazione e la manutenzione:

- Installazione è facile e veloce: il sensore può essere incollato a differenti superfici o avvitato nel suolo
- Non è necessaria manutenzione
- Il core del sensore è smontabile e sostituibile senza dover disinstallare l'intero sensore. (Figura 3.8)



Figura 3. 8: Sensore con core smontato dalla base

Nella Tabella 3.1 vengono illustrate le specifiche tecniche e le condizioni operative del sensore.

Specifiche tecniche		Condizioni operative		
Diametro	145,4 mm	Range di temperatura	-30 a +65°C	
Altezza massima	30,5 mm	Range di umidità	0 a 95%	
Peso	191 g		Gatto delle nevi, veicoli per trasporto merci	
Batteria	Litio	Resistenza a influenze meccaniche	pesanti, pulizia ad alta pressione	

Tabella 3. 1: Specifiche tecniche e condizioni operative del sensore

Sensor Core

GENERAL DESCRIPTION

▶ Color RAL9005 / black

RAL7011 / irongrey

▶ Weight 124 g

► Size height: 28.2 mm

diameter: 104.4 mm

► Material PA6 GF35

Description
 The Sensor-Core contains the sensing unit. It consists of a housing with integrated battery,

electronics and O-rings.

Sensor-Base (plasma treated)

GENERAL DESCRIPTION

► Color RAL7011 / irongrey

► Weight 65 g

► Size height: 17.9mm

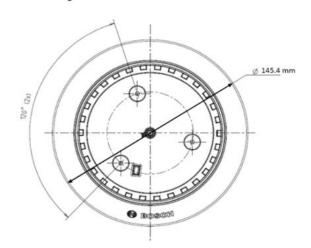
diameter: 145.4mm

▶ Material PA6 GF35

Description The Sensor-Base is the

in the ground anchored unit of the parking sensor. It is the

mount for the sensor core.



104.4 mm

Figura 3. 9: Sezioni e misure del core e della base del sensore

Come già detto i dati raccolti sensori vengono elaborati dall'algoritmo incorporato nei dispositivi. L'output dell'algoritmo è lo stato di parcheggio "libero" o "occupato". Il dispositivo verifica se lo stato del parcheggio è stato modificato rispetto all'ultima elaborazione e nel caso in cui lo stato del parcheggio è differente, la modifica viene comunicata tramite l'interfaccia LoRa. Ciò significa che il sensore di parcheggio segnalerà solo se lo stato del parcheggio è cambiato. La Figura 3.10 illustra il diagramma di flusso che del processo di individuazione ed invio del dato.

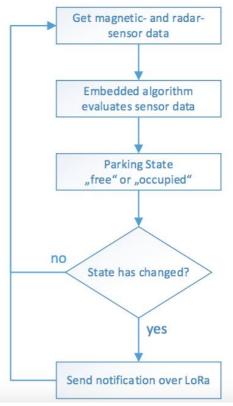


Figura 3. 10: Diagramma di flusso dell'individuazione dello stato del posto

Nei successivi paragrafi, dopo una breve introduzione su A2A Smart City, verrà approfondito il tema della rete evidenziandone i vantaggi rispetto alle altre soluzioni utilizzate in ambito IoT.

3.3 A2A Smart City

A2A Smart City è una business unit del gruppo A2A. Quest'ultima è una multi-utility italiana ai vertici nei settori della produzione e della vendita di energia (di cui il 76% proviene da fonti pulite), della distribuzione di energia elettrica e gas, e del ciclo idrico integrato.

Il modello di business del gruppo A2A S.p.A. è organizzato in sei business unit relative alle sei aree di specializzazione della società:

- Generazione e trading: si occupa della gestione degli impianti di generazione del gruppo per la produzione di energia e della compravendita di energia elettrica, di combustibili e di titoli ambientali su mercati nazionale ed internazionali.
- Mercato: gestisce le attività di marketing, vendita e customer service relative alla fornitura di commodity e di energia elettrica, gas naturale, illuminazione pubblica a clienti domestici, PMI, grandi aziende.
- Ambiente: gestisce il ciclo integrato dei rifiuti, dalla raccolta al trattamento, smaltimento e recupero di energia e materia.
- Reti: riguarda prevalentemente la gestione tecnico-operativa delle reti di distribuzione di energia elettrica, gas, teleriscaldamento e ciclo idrico;
- **Estero:** comprende le attività dell'azienda partecipata EPCG in relazione alla produzione e vendita di energia elettrica in Montenegro.
- Smart city: è l'operatore di riferimento per la fornitura di servizi di telecomunicazione.

A2A Smart City fornisce servizi inerenti alla gestione di linee di telefonia fissa e mobile e trasmissione dati, nonché servizi legati allo sviluppo delle infrastrutture a supporto delle comunicazioni. Essa è, infatti, titolare di licenze ed autorizzazioni rilasciate dall'Autorità per le telecomunicazioni, tra cui licenza per l'installazione e la fornitura di reti di telecomunicazione aperte al pubblico ed autorizzazioni ad offrire al pubblico servizi di trasmissione dati, telefonia e accesso ad internet. È un operatore di rilievo anche nella realizzazione e gestione dei sistemi di videosorveglianza e controllo degli accessi.

A2A Smart City è un cliente di Bosch per la fornitura dei sensori di parcheggio ed è diventata, a seguito di accordi tra le due aziende, partner del progetto. Infatti è una delle poche aziende in Italia ad offrire un'infrastruttura di rete completa con protocollo LoRaWAN, essendo iscritta all'elenco dei soggetti autorizzati alla fornitura al pubblico.

Come membro della Lora Alliance da Dicembre 2015, mette a disposizione del territorio il protocollo aggiornato all'ultima release standardizzata. A livello europeo, può creare realtà LoRaWAN in accordo con altri membri dell'organizzazione.

La tecnologia LoRa, come si approfondirà in seguito, può essere utilizzata in reti sia private che pubbliche ed è ottimizzata per l'utilizzo in applicazioni M2M (Machine to Machine) e IoT (Internet of Things) e garantisce:

- Affidabile capacità di comunicazione su distanze di diversi km;
- Consumo di potenza dei sensori molto bassa;
- Sicurezza e continuità dei dati.

3.4 Reti LPWAN: LoRaWAN e SigFox

LoRaWAN, acronimo di Long Range Wide Area Network, è un nuovo protocollo di rete che soddisfa tutti i requisiti per connettere oggetti e sensori ad internet, progettata dall'azienda americana Semtech, allo scopo di supportare i servizi e le applicazioni del mondo IoT.

Si tratta di una rete di tipo LPWAN (Low Power Wide Area), ovvero reti a bassa potenza ed ampio raggio che hanno l'obiettivo principale di superare alcuni limiti delle tecnologie SIM o di altri protocolli classici di connessione come WiFi e Bluetooth, ovvero:

- Comunicazione a corto raggio (<1km);
- Alto Costo dell'Hardware;
- Scarsa durata della batteria.

Le reti LPWAN riescono ad ovviare a questi problemi facendo coesistere due caratteristiche in apparente conflitto tra loro: la bassa potenza e la lunga distanza coperta. Ciò avviene grazie ad un segnale a bassa frequenza, ad una banda particolarmente stretta e ad hardware dotati di elevata sensibilità di ricezione.

La bassa frequenza, infatti, garantisce una maggiore penetrabilità degli ostacoli e una limitata attenuazione del segnale. Le reti LP utilizzano una frequenza di 868MHz mentre quelle tradizionali come Wi-Fi e Bluetooth lavorano a frequenze di circa 2,4GHz.

La ridotta larghezza di banda consente, invece, la trasmissione di un segnale più stabile e meno soggetto ad interferenze, penalizzando però la velocità di trasmissione. La sensibilità dei ricevitori, infine, consente la connessione anche in presenza di segnali relativamente deboli. Queste caratteristiche si sposano perfettamente con le applicazioni M2M e IoT che richiedono:

lunga durata delle batterie dei dispositivi, stabilità e sicurezza della connessione, buona copertura anche in presenza di ostacoli, basso costo dei moduli di trasmissione e pacchetti di dati con dimensioni limitate che non richiedono bit-rate elevati.

I principali protocolli di comunicazione che rientrano nella categoria LPWAN sono LoRaWAN e Sigfox. Un ulteriore standard usato in ambito IoT è il Narrow-Band IoT che però sfrutta la rete e la frequenza cellulare.

SigFox è una tecnologia a banda stretta, usa uno standard di trasmissione radio che utilizza una porzione molto piccola dello spettro. Questa scelta minimizza l'effetto del rumore sulla comunicazione permettendo di utilizzare dispositivi (endpoint) più semplici ed economici ma richiede l'utilizzo di gateway molto più sofisticati e costosi. Sigfox garantisce una comunicazione bidirezionale ma le sue prestazioni sono superiori quando ad iniziare la comunicazione è l'endpoint perché questo elemento è meno sensibile in ricezione.

LoRa invece utilizza una tecnologia utilizza una banda più larga (oltre 125 kHz). Questa tecnologia necessita quindi di hardware tendenzialmente più costosi 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 base-station). La comunicazione LoRa è bidirezionale, tutti gli elementi della rete radio sono ugualmente sensibili sia in trasmissione che in ricezione. Questo permette ai gateway LoRaWAN di essere più economici rispetto ai corrispondenti SigFox. [16]

Ciò che, però, maggiormente distingue le due reti sono i modelli di business che utilizzano. Nel modello di business di SigFox, l'azienda noleggia agli utenti finali l'utilizzo della rete, come se fosse un operatore telefonico. Offre l'utilizzo dei suoi server in cloud e del suo protocollo. La produzione dell'hardware è invece demandata ad altri produttori, abilitando quindi un regime di libero mercato che ha creato molta concorrenza. Il progettista che intende utilizzare SigFox pertanto ha la necessità di collaborare con l'azienda e i suoi partner e si limiterà alla progettazione del sensore.

La strategia della LoRaWAN è differente. Il software è aperto e può essere utilizzato da chiunque rispetti le specifiche e si unisca alla LoRa Alliance. I gateway possono essere liberamente installati sia dagli operatori mobili che da aziende private. Non ci sono limitazioni di traffico dati, dimensione dei pacchetti e nessun abbonamento da sostenere. Tuttavia, l'unica azienda che produce radio per i sistemi LoRa è la Semtech, ciò comporta l'assenza di concorrenza sull'hardware con una ovvia ripercussione sul costo dei moduli.

I sensori Bosch trasmettono i dati raccolti unicamente attraverso la rete LoRaWAN, sfruttando tutti i suoi punti di forza.

In primis, la sua capacità di operare a lungo raggio: una cella può garantire un'ampia copertura, potenzialmente superiore a quella di una cella di telefonia mobile utilizzando, allo stesso tempo, una potenza inferiore, aspetto necessario alla realizzazione di servizi di lunga durata. Ciò si traduce da un lato nella possibilità di coprire con sensori vaste zone dei parcheggi supportandoli con pochi gateway, dall'altro in una maggiore durata della batteria dei sensori. A tal proposito, vi è una differenza sostanziale tra le reti standard e la rete LoRaWAN che è un fattore determinante per la durata della batteria. Infatti il network delle reti standard è sincrono, ossia i nodi devono "svegliarsi" frequentemente per sincronizzarsi con il network e controllare i messaggi. Questa sincronizzazione consuma molta energia e rappresenta il motivo principale della riduzione della durata della batteria. I nodi in LoRaWAN, invece, sono asincroni e comunicano solo quando hanno dati pronti per essere inviati garantendo in questo modo una durata delle batterie dei sensori di gran lunga superiore agli standard. [17]

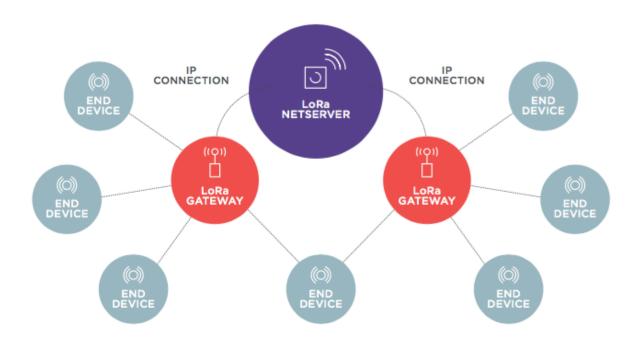


Figura 3.11: Schema Nodi-Gateway-Network server

In Figura 3.11 è rappresentato lo schema di funzionamento del network LoRa. È possibile notare che i nodi, ossia i sensori, non sono associati ad uno specifico gateway, bensì i dati trasmessi da un nodo sono tipicamente ricevuti da più gateway. Ogni gateway inoltra il pacchetto ricevuto dal nodo end-to-end al Network Server cloud-based.

Il Network Server è l'elemento centrale, il cuore di una rete LoRa, a cui si collegano tutti i gateway della rete, trasferendo le informazioni raccolte dai nodi. Esso riceve e memorizza le informazioni, eliminando pacchetti indesiderati o duplicati ed effettua controlli di sicurezza. La soluzione di A2A è il Network Server Patavina Netsuite, sviluppato da Patavina Technologies S.r.l., A2A fornisce il Network Server in modalità «as a service», tramite istanza Cloud dedicata, viene cioè fornita un'utenza per accedere al Network Server per monitorare e gestire da remoto tutti i sensori collegati alla rete.

Riassumendo quindi i principali vantaggi della soluzione LoRa:

• Lungo raggio: penetra nell'area urbana ed assicura una vasta copertura, anche fino a 50 km con pochi gateway e sensori;

- Bassa potenza: le batterie dei sensori possono durare fino a 20 anni, senza necessità di connessione alla rete elettrica;
- Alta capacità: supporta milioni di messaggi per ogni stazione di monitoraggio o sensore;
- **Geo-localizzazione:** garantisce il servizio di geo-localizzazione senza GPS e senza consumi addizionali di batteria;
- Standardizzazione: la rete LoRaWAN assicura interoperabilità tra applicazioni, Provider di servizi IoT e Provider di servizi di Telecomunicazioni;
- Sicurezza: lo standard LoRa assicura privacy e protezione dei dati attraverso un sistema di criptazione dei dati.
- Basso costo: l'infrastruttura e i nodi hanno bassi costi di manutenzione e di consumo energetico.

3.5 L'applicativo

Nel caso studio in esame, l'applicativo è stato sviluppato da Arduino, azienda italiana nota per aver ideato l'omonima piattaforma hardware per la prototipazione rapida e per scopi hobbistici, didattici e professionali.

Ad Arduino, fornitore di Bosch, è affidato lo sviluppo di hardware e software necessari per gestire i sensori e i dati raccolti.

Dal punto di vista software, fornisce:

- User Experience (UX): comprende tutti gli aspetti dell'interazione dell'utente finale con il prodotto/servizio.
- Sviluppo front-end: l'interfaccia utente dell'applicativo
- Sviluppo back-end: parte che permette l'effettivo funzionamento dell'interazione utente-applicativo.
- Libreria cliente
- Immagazzinamento immagini

- Integrazione con il cloud Arduino
- Endpoint per caricare le immagini personalizzate con mappa
- Interfaccia per aggiungere i posti per il parcheggio
- Livello di visualizzazione con le informazioni aggiornate sullo status dello stallo e informazioni del sensore
- Esperienza out of the box (pronta per l'uso) per connettere il sensore Bosch al cloud Arduino.

Per quanto riguarda l'hardware, fornisce il kit Arduino Gateway con connettività LoRa, a lungo raggio di copertura e alta immunità alle interferenze, su frequenza di 868 MHz. (Figura 3.12).



Figura 3. 12: Gateway Arduino LoRa

Il gateway offre fino a 8 canali LoRa consentendo quindi di ricevere fino a 8 pacchetti contemporaneamente. Garantisce, inoltre, una robusta connessione tra il gateway stesso e un gran numero di end-point anche a grandi distanze tra loro. Ha, inoltre, la capability "listen before talk" cioè il gateway monitora i canali continuamente ma trasmette solo se il canale è libero. Nelle immagini sotto, alcuni screen dell'App sviluppata da Arduino.

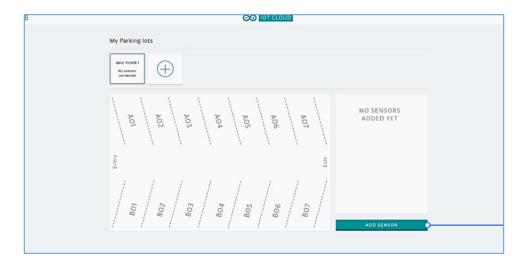


Figura 3. 3: Screenshot dell'app sviluppata da Arduino: caricamento sensori 1



Figura 3. 14: Screenshot dell'app sviluppata da Arduino: caricamento sensori 2

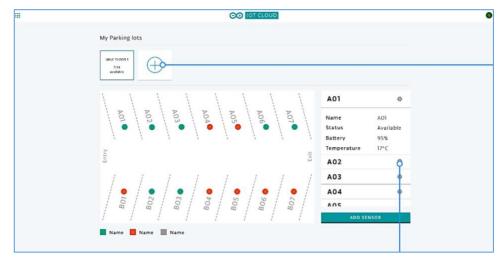


Figura 3. 4 Screenshot dell'app sviluppata da Arduino: visualizzazione stalli liberi 1

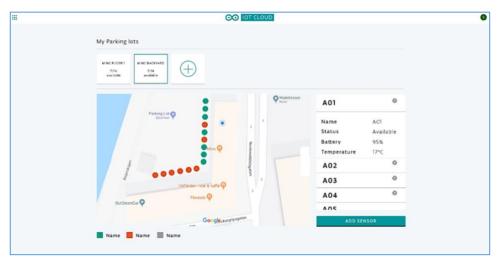


Figura 3. 16: Screenshot dell'app sviluppata da Arduino: visualizzazione stalli liberi 2

4 Analisi del mercato e SWOT

Nel presente capitolo verranno ripercorsi i punti salienti del lavoro svolto nel corso del tirocinio sia dal punto di vista di analisi di mercato, in senso individuazione competitor e customer discovery, sia di implementazione della tecnologia. Il capitolo si concluderà con un'analisi SWOT del business volta ad individuare i principali punti di forza e debolezza del sistema.

L'analisi dei competitor viene svolta sia per comprendere quali sono i principali attori che si stanno attivando in questo mercato sia per descrivere quantitativamente, attraverso casi studio di sperimentazioni già in essere, quali sono i benefici che la soluzione può apportare.

Per quanto riguarda la fase di customer discovery, è necessario sottolineare che la tecnologia può trovare applicazione sia in casi di parcheggi on-street che off-street.

I parcheggi on-street sono i parcheggi su strada, delimitati dalle strisce, solitamente gestiti dalle municipalità delle città o da società dei trasporti locali

Quelli off-street, invece, sono i parcheggi in struttura o quelli riservati a enti come stadi, centri commerciali, supermercati ecc. La gestione di questi parcheggi è affidata in alcuni casi a privati ed in altri alle stesse società di trasporti che gestiscono gli stalli su strada.

Nell'analizzare il mercato dello Smart Parking è opportuno, inoltre, precisare che il business model del prodotto è ancora in definizione.

Non è ancora stabilito se i ricavi dell'azienda deriveranno esclusivamente dalla vendita dei sensori a system integrator che si occupano di integrare appunto tutte le parti di un sistema IoT e fornirli all'utente finale o, se grazie alle partnership create, si possa ottenere anche la proprietà dei dati che rappresenterebbero un'ulteriore fonte di ricavo.

4.1 Competitor e casi studio

Come descritto nel Capitolo 2, esistono sul mercato diverse tipologie di sistemi smart per il parcheggio a seconda delle tecnologie di rilevamento utilizzate: sensori, telecamere e crowdsensing.

Nell'analisi dei principali competitor su territorio nazionale ed internazionale, ci si soffermerà solamente sulla prima tipologia in quanto il focus di Bosch è chiaramente sul sensore. I sistemi di crowdsensing, inoltre, hanno parametri di valutazione e target di mercato completamenti differenti dal sistema di Smart Parking Bosch in quanto sono applicabili solo in parcheggi su strada e necessitano di tempo e massa critica per poter essere sostenibili.

Nel corso di questo paragrafo, si passerà in rassegna le principali aziende operanti in questo campo con relativi casi studio in cui il sistema è stato applicato con successo in determinate città.

1. Intercomp

È un'azienda italiana che opera nel settore dell'hardware informatico. Ha sviluppato la soluzione Smart Parking Systems allo scopo di creare una tecnologia che potesse trasformare la gestione del suolo pubblico in una risorsa per la Pubblica Amministrazione e per il cittadino. La soluzione Smart Parking Systems di Intercomp è composta da un sensore da interrare al di sotto dello stallo, che comunica attraverso rete Narrow-Band IoT o LoRaWAN oppure da telecamere. In quest'ultimo caso le telecamere vengono posizionate il più in alto possibile e le immagini acquisite vengono convertite in dato attraverso degli algoritmi. Il dato raccolto dai sensori o dalle telecamere viene inviato al server centrale che consente l'archiviazione sicura dei dati. Il software gestionale POLIS elabora i dati e li rende disponibili agli utenti (municipalità, accertatori, proprietari delle auto) che permette di visualizzare il dato in tempo reale, inviare report e alert in caso di violazioni. L'applicativo che utilizzano si chiama App4park e consente agli utenti di vedere e gli stalli liberi e pagare la sosta.

Casi studio: Treviso

Smart Parking Systemsdi Intercomp è stato implementato nel centro storico della città di

Treviso con il duplice scopo di ridurre il tempo che gli addetti ai controlli dedicano alla verifica

del pagamento del parcheggio e di velocizzare la ricerca dei posti liberi per gli automobilisti.

Nel centro storico sono stati installati 2600 sensori con 56 parcometri e 161 sensori dedicati al

carico/scarico. [18]

Da quando il sistema viene utilizzato si è verificato un aumento degli incassi dell'11%,

l'amministrazione ha potuto inoltre modulare le tariffe in modo da ottimizzare le performance.

Ha verificato, ad esempio, che nell'ultima ora dei parcheggi vi era un calo nei pagamenti. È

stato quindi deciso di diminuire il pagamento minimo da un'ora a 30 minuti. L'importo del

ticket è diminuito da 1,73 a 1,55 ma il numero di ticket emessi è aumentato da 131.000 a

161.000.

2. Smart Parking

È un'azienda specializzata nella progettazione, sviluppo e gestione di tecnologie di parking, ha

sede a Auckland (Nuova Zelanda), Melbourne (Australia) e Birmingham (UK). Hanno installato

a partire dal 2014 circa 13.700 sensori tra UK, Australia, Nuova Zelanda e Stati Uniti.

Caso studio: Londra

Nell'ottobre 2014 il Westminster City Council ha dato il via alla sperimentazione dello Smart

Parking, un pacchetto integrato di che fornisce ai conducenti informazioni in tempo reale sui

parcheggi non occupati. La distribuzione include una rete di 3.400 sensori di rilevamento

interrati che registrano se ogni parcheggio è occupato o libero. Queste informazioni vengono

trasmesse in tempo reale ad un software di gestione dei parcheggi per auto di Smart Parking

stessa, che raccoglie e analizza i dati. Le informazioni vengono inviate istantaneamente al

ParkRight del Comune, un'app che i driver possono installare sul proprio smartphone. L'autista

utilizza quindi ParkRight per identificare il miglior spazio disponibile e ricevere indicazioni

precise e basate su GPS per raggiungerle. I dati del software SmartRep possono anche essere

utilizzati per una pianificazione futura per apportare ulteriori miglioramenti ai sistemi di

parcheggio di Westminster.

68

Come è possibile vedere nell'immagine sotto, dove sono ripotati gli screenshot dell'App ParkRight, i sensori ricoprono gran parte del centro della città. Su ogni raggruppamento di posti è indicato anche la tipologia (con ricarica elettrica, riservato a residenti, riservato a disabili ecc.). Cliccando sul fumetto verde è possibile visualizzare informazioni precise circa il numero esatto di posti liberi e tariffa oraria del posto. Inoltre, come riportato nella prima immagine, attraverso l'app è possibile effettuare anche il pagamento del posto.

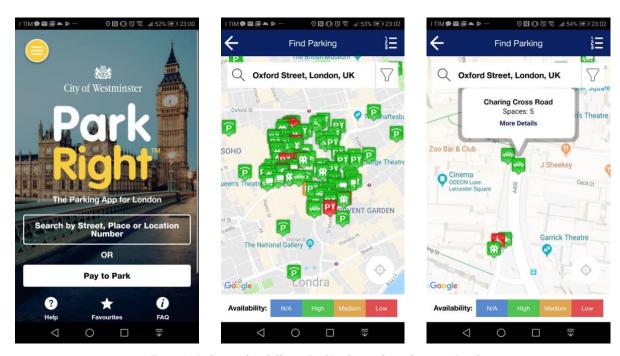


Figura 4.1: Screenshot dell'app ParkRight per il parcheggio a Londra

Con i dati raccolti dai sensori, il Dipartimento dei Trasporti di Londra ha adottato una serie di misure per aumentare i ricavi dal parcheggio come:

- L'estensione delle misure di mitigazione del "parcheggio stress" ai tari casuali da pagare a parcheggio nella zona G (Soho, West End e Covent Garden) e nella zona B (Bayswater e Maida Vale South) di Westminster.
- L'implementazione di un periodo minimo di permanenza di 10 minuti per pagare il parcheggio.
- L'introduzione di una tassa nominale per i veicoli elettrici ibridi elettrici e plug-in (EV e PHEVs) quando si utilizzano le strutture pay-to-park, che consente ai veicoli di parcheggiare per il periodo di permanenza massima della colonnina di ricarica (normalmente 4 ore).

- Un aumento delle tariffe per i permessi per i residenti e altri tipi di permessi speciali.

Nel 2018 è stata inoltre introdotta un'iniziativa per agevolare il pagamento del parcheggio: una tecnologia a bordo del veicolo che si connette all'App e con un click consente di avviare una sessione di parcheggio. Quando il conducente riprende a guidare l'auto automaticamente avviene il pagamento e la sessione di chiude.

Inoltre, il City Council in collaborazione con l'Associazione dei Tassisti di Londra ha iniziato ad esaminare i modi in cui i taxi possono fare un uso più efficiente dei loro posteggi. A tal proposito è stato finanziato dal Dipartimento dei Trasporti di Londra, un "proof of concept" della tecnologia di occupazione dei veicoli applicata alla fine del 2016 a 32 stazioni di taxi nel West End. Consiste nell'inclusione all'interno dell'App ParkRight di dati sulla disponibilità di posteggi per i taxi, forniti dai sensori. L'esperimento aiuta i conducenti di taxi a trovare lo spazio disponibile senza la necessità di girare a vuoto, fornendo una soluzione ai problemi associati all'eccesso di offerta ai occupati e contribuendo a ridurre la congestione e le emissioni dei veicoli. Utilizzando questa tecnologia si è verificato un aumento della conformità dei parcheggi nello spazio limitato disponibile per i taxi e si è liberato spazio sul bordo esterno al di fuori degli stalli per i taxi consentendo un miglioramento del flusso del traffico e dell'attività di carico.

3. Kyunsis

Azienda nata come start-up innovativa e spin-off dell'Università di Pisa, si specializza nella progettazione e produzione di tecnologie hardware, software e Internet of Things pensate per progetti avanzati di Smart Mobility, Smart Parking e City Logistics.

Recentemente (Febbraio 2019) è stata acquisita da Municipia, gruppo Engineering, allo scopo di generare un nuovo polo di sviluppo di soluzioni di trasformazione digitale a disposizione delle amministrazioni pubbliche.

Le soluzioni di Kiunsys sono operative in oltre 80 città, tra cui Amburgo, Bucarest, Firenze, Mantova, Milano, Napoli, Parma, Pisa e Verona, e forniscono servizi a decine di milioni

di cittadini. Esse comprendono integralmente tutti i componenti dei sistemi di smart parking: sensore, piattaforma cloud, applicativo.

Il sensore progettato, realizzato e brevettato da Kiunsys, è di tipo ultrasonico e viene utilizzato per il controllo dello stato di occupazione delle aree di sosta.

Vi è sia la versione da superficie, che può essere incollato o fissato con viti sulla superficie dello stallo, sia quella interrata che va montato in una buca di 12,5 cm di diametro e 7 centimetri di profondità.



Figura 4.2: Sensori di parcheggio Kyunsis da superficie/ interrato

Le informazioni raccolte dai sensori consentono di fornire ai cittadini servizi di indirizzamento ai posti liberi che aumentano sensibilmente la fluidificazione del traffico urbano, oppure gestire innovativi servizi come il PayBySpace che consiste nell'agevolazione del pagamento del parcheggio integrandolo nell'app e indirizza gli addetti al controllo verso gli stalli dove il pagamento è scaduto, ed il Parking Dynamic Pricing (variazione del prezzo della sosta in base alla domanda). Inoltre, grazie ai dati registrati dai sensori, è possibile attivare nuovi modelli di business che favoriscono una gestione più efficiente e più sostenibile degli spazi urbani di sosta.

Caso studio: La Spezia

La città ha deciso di limitare il traffico nel centro urbano e di implementare un sistema di monitoraggio in tempo reale dei posti auto liberi, attraverso una soluzione Kyunsis integrata. Per limitare l'accesso solo ai veicoli autorizzati, sono stati installati gate automatizzati nei punti di accesso al centro della città. Per il rilevamento dell'occupazione dei singoli stalli di sosta, invece, sono stati installati oltre 1000 sensori di parcheggio. Grazie ai pannelli a messaggio

variabile collocati in diversi punti della città, l'informazione acquisita dai sensori viene condivisa per indirizzare il traffico direttamente verso i parcheggi liberi.

4. Nwave

È un'azienda americana che sviluppa sistemi di gestione del parcheggio smart che aiutano gli operatori ad ottimizzare i processi. Essi forniscono all'utente finale l'intero sistema di Smart Parking:

 Hardware: sensori sParkit da installare sul fondo stradale. Essi sono disponibili in due versioni, Flush-Mount e Surface-Mount. La prima è applicata all'interno del suolo, il secondo invece in superficie.



Figura 4. 3 Sensore sParkit a incastro



Figura 4. 4: Sensore sParkit da superficie

- Back end: rete Nwave LPWAN di proprietà dell'azienda stessa fornita "as a service".
- Front end: app che rende disponibili i dati all'utente.

L'azienda non utilizza una rete LPWAN standard come LoRaWAN o SigFox ma ne ha creata una propria.

I sensori sono presenti già in varie città del Regno Unito e negli Stati Uniti.

4.2 Catena del valore e customer discovery

Per la fase customer discovery è stato necessario farsi un'idea del funzionamento del mercato del parking e comprenderne opportunamente la catena del valore ed i suoi stakeholder. In primo luogo occorre distinguere due tipologie di sosta differenti:

- On-Street: è il parcheggio su strada, delimitato dalle strisce, solitamente gestito dalle municipalità delle città o da società dei trasporti locali.
- Off-Street: sono i parcheggi in struttura o quelli riservati a enti come stadi, centri
 commerciali, supermercati ecc. La gestione di questi parcheggi è affidata in alcuni casi
 a privati ed in altri alle stesse società di trasporti che gestiscono gli stalli su strada.

Il parcheggio on-street chiaramente ha un ecosistema più complesso da gestire per identificare degli spazi disponibili e garantire la riscossione delle entrate delle auto parcheggiate, rispetto a quello off-street dove i veicoli devono normalmente passare attraverso l'ingresso e uscita che possono essere facilmente controllati. La sosta on-street è spesso utilizzata anche per periodi molto brevi pertanto il rischio di minori guadagni per il mancato pagamento del parcheggio è abbastanza alto se l'intervento dei controllori non è immediato.

Per questi motivi i sistemi di smart parking massimizzano la loro utilità ed efficienza nei parcheggi su strada.

In Italia, la sosta e il parcheggio on-street sono regolamentati dal Codice della strada (Decreto Legge 285/92).

Il colore delle strisce identifica la tipologia di stallo:

- Strisce blu: stalli di sosta a pagamento;
- Strisce bianche: stalli di sosta a titolo gratuito;
- Strisce gialle: stalli di sosta riservati (disabili, carico/scarico merci, residenti).

Nell'approccio alla fase di customer discovery per il parcheggio on-street la concentrazione è stata focalizzata su alcune delle 14 aree metropolitane italiane rappresentate in Tabella 4.1. Come è possibile osservare nella Tabella, in queste aree la mobilità e di conseguenza i parcheggi su strada sono gestiti da aziende pubbliche per conto dei comuni stessi. A seguito di contatti il Comune di Milano e quello di Torino hanno mostrato interesse per una prima sperimentazione della tecnologia.

Città metropolitana	Regione	Popolazione (ab)	Superficie (km²)	Densità (ab./km²)	Gestione mobilità
Bari	Puglia	1 257 520	3 825	329	Amtab S.p.A.
Bologna	Emilia Romagna	1 011 291	3 702	273	Iperbole rete civica
Cagliari	Sardegna	431 955	1 248	346	CTM S.p.A.
Catania	Sicilia	1 109 888	3 553	312	Comune di Catania
Firenze	Toscana	1 013 260	3 515	288	Servizi alla Strada
Genova	Liguria	844 957	1 839	459	AMT
Messina	Sicilia	631 297	3 247	194	Comune di Messina- area mobiità
Milano	Lombardia	3 234 658	1 575	2 054	ATM/AMAT
Napoli	Campania	3 101 002	1 171	2 648	ANM
Palermo	Sicilia	1 260 193	4 992	252	Comune di Palermo- area mobilità
Reggio Calabria	Calabria	551 212	3 184	173	ATAM S.p.A.
Roma	Lazio	4 355 725	5 352	814	ATAC
Torino	Piemonte	2 269 120	6 829	332	GTT
Venezia	Veneto	853 552	2 461	347	AVM

Tabella 4. 1: 14 città metropolitane d'Italia

4.2.1 Milano: Smart Parking per gli stalli di ricarica elettrica

La prima applicazione del Progetto Smart Parking Bosch/A2A, non riguarda gli stalli tradizionali bensì le colonnine di ricarica per i veicoli elettrici di cui A2A, attraverso la controllata A2A Energy Solutions, si è aggiudicata la gestione e manutenzione. Si tratta di una rete che conta nel complesso 384 punti di ricarica che nel corso del 2018 è stata utilizzata per oltre 100.000 ricariche, erogando più di 1.000 MWh, pari a circa 6 milioni di km percorsi a zero emissioni. L'accordo con il Comune, della durata di 3 anni, prevede il rinnovo della rete di ricarica pubblica, l'innovazione del servizio e-moving ed il contrasto alla sosta abusiva attraverso l'implementazione di tecnologie di smart parking. Lo smart parking in questo contesto può

garantire, attraverso l'integrazione dei sensori con le soluzioni di E-Mobility proposte dal Comune, una gestione operativa della sosta veicolare nelle aree di ricarica.

Il codice della strada prevede che la fermata e la sosta siano vietate "negli spazi riservati alla fermata e alla sosta dei veicoli elettrici in ricarica" per i veicoli non elettrici o comunque non in stato di ricarica.



Figura 4. 5: Veicoli elettrici in ricarica



Figura 4. 6: Stalli riservati alla ricarica di veicoli elettrici

Le aree di sosta potranno essere monitorate da remoto per controllare in tempo reale quanti posti sono liberi e se i parcheggi sono occupati in maniera abusiva da macchine non abilitate o non in fase di ricarica elettrica. Il controllo delle eventuali infrazioni da parte degli ufficiali preposti non sarà più strettamente indispensabile.

I sensori, collocati sulla superficie di ogni singolo stallo di sosta, andranno a rilevare lo stato libero o occupato degli stalli. L'informazione verrà raccolta, tramite la rete radio LoRaWAN già installata da A2A Smart City nella Città di Milano, dal sistema software in cloud che la arricchirà e la integrerà con le informazioni ricevute dal monitoraggio delle colonnine di ricarica elettrica. L'App su dispositivi mobili consentirà la gestione intelligente delle colonnine, permettendo di gestire economicamente la sosta ed informando i cittadini non solo sui posti effettivamente liberi, ma anche del fatto che il proprio veicolo abbia terminato la propria ricarica.

Il monitoraggio contemporaneo degli stalli di parcheggio e delle colonnine di ricarica, del fatto che stiano erogando o meno ricarica elettrica ai veicoli abilitati, riusciranno ad offrire una panoramica in tempo reale dell'occupazione lecita o meno delle aree di ricarica. Tali

informazioni potranno essere condivise con gli utenti via web, mobile App o tramite pannelli a messaggio variabile, permettendo di indirizzare gli automobilisti verso i singoli posti liberi con una notevole riduzione del traffico.

Chi guiderà un veicolo elettrico potrà sapere in ogni momento tramite App sul proprio smartphone quante aree di ricarica risulteranno disponibili. Una volta raggiunto il posto di ricarica disponibile più vicino, il proprietario potrà, tramite software, essere autorizzato a effettuare la propria ricarica, venendo avvisato al termine della stessa.

Si potranno avere in tempo reale informazioni sugli stalli di parcheggio, se sono liberi o occupati, se la loro occupazione è lecita, da parte di veicoli in ricarica, o abusiva,

Questo sistema "Smart" consentirà di avere una gestione efficiente dell'area di sosta, garantendo in particolar modo l'opportunità di ricarica a più utenti. Tale servizio tecnologicamente innovativo costituirà un efficace strumento di dissuasione degli usi impropri degli stalli di sosta per la ricarica elettrica:

- Se un veicolo non abilitato alla ricarica elettrica, occuperà abusivamente lo stallo di sosta, verrà generato un alert al sistema software integrato con le forze dell'Ordine per effettuare le verifiche e le sanzioni del caso;
- Se un veicolo abilitato alla ricarica elettrica termina la propria ricarica ma continuerà
 ad occupare lo stallo di sosta, verrà generato un alert tramite app mobile che
 raggiungerà il proprietario del veicolo. Se il proprietario non provvederà a spostare il
 proprio veicolo entro un prefissato numero di minuti verranno informate le Forze
 dell'Ordine per le necessarie verifiche/sanzioni.

Vantaggi della soluzione:

- Per il Comune il controllo sulla gestione della sosta su strada, tramite dati di stazionamento e di violazione, ma anche una maggiore efficienza nell'uso delle aree di sosta ed un miglioramento in termini di traffico e di inquinamento;
- Per gli Accertatori la soluzione renderà semplice ed efficiente recarsi direttamente verso il veicolo in violazione, identificare il percorso ideale e minimizzando le risorse necessarie per l'accertamento;

• Per la Cittadinanza ci sarà il grosso vantaggio della facilità di identificazione delle aree di sosta, ottimizzando i tempi di ricarica e minimizzando gli impatti del traffico.

I sensori verranno installati nei prossimi mesi e rappresentano il primo step di un progetto che potrebbe allargarsi poi anche alla gestione dell'intera sosta su strada a pagamento.

Nel Comune di Milano la sosta è gestita da ATM (Azienda Trasporti Milanesi), una società per azioni di proprietà del Comune che amministra e gestisce il trasporto pubblico in città. Essa gestisce 4 linee metropolitane, 20 linee tranviarie, 4 linee filoviarie e 122 linee automobilistiche nel Comune di Milano e in 51 comuni della Città metropolitana Su mandato del Comune di Milano, ATM gestisce infine l'Area C, la sosta cittadina ed il servizio di Bike sharing.

Riguardo la potenziale applicazione dei sensori all'intera città, è stato svolto un business case che andasse ad individuare il Payback Period per il comune di Milano se decidesse di investire nella tecnologia smart parking per gli stalli delimitati da strisce blu a pagamento.

Come è possibile osservare nel Grafico 4.1, le strisce blu rappresentano circa il 28% degli stalli su strada ed ammontano a circa 81500 stalli.

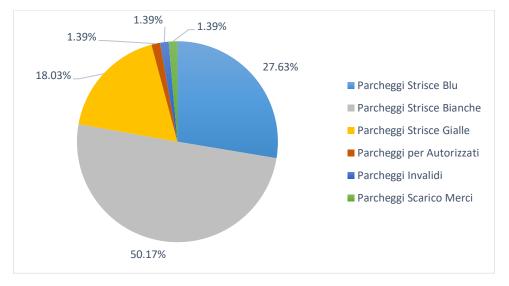


Grafico 4. 1: Suddivisione stalli su strada nel Comune di Milano

Secondo dati AMAT [19], gli introiti stimati derivanti dal parcheggio su strisce blu, considerando il tasso di occupazione media degli stalli, è di 59 milioni di euro. Di questi, tuttavia, ne risultano a bilancio solo 26 milioni, causando quindi 33 milioni di mancato introito.

In un contesto urbano come quello di Milano i 150 ausiliari che vengono utilizzati per l'accertamento delle infrazioni, risultano inefficaci nell'arginare e multare tutti coloro che non pagano l'importo, con conseguenti gravi perdite a livello di bilancio.

L'implementazione del sistema di smart parking da integrare sulla piattaforma dati del Comune di Milano, consente di segnalare e guidare gli ausiliari direttamente ai veicoli morosi, ottimizzando così il processo di controllo.

Considerando i costi dell'implementazione della tecnologia, di cui è possibile in questa sede elencare solo le voci (in tabella 4.2), ed ipotizzando che il sistema possa garantire la riscossione dei 33 milioni annui di introiti mancati, il PayBack Period dell'investimento del Comune è inferiore ai sei mesi.



Tabella 4. 2: Voci di costo del sistema di Smart Parking

4.2.2 Torino: 7TI

Torino è una delle città italiane più avanzate dal punto di vista delle tecnologie "smart".

La presenza di grandi aziende operanti nel settore dell'automotive la rendono inoltre un polo particolarmente attivo nello sviluppo di nuove tecnologie per la mobilità.

La mobilità è gestita da GTT, azienda pubblica (di proprietà del Comune di Torino) del trasporto pubblico locale. Essa gestisce: metropolitane, ferrovie, parcheggi, servizi turistici.

Per quanto riguarda i parcheggi, l'azienda si occupa di praticamente tutti gli stalli on-street della città e alcuni parcheggi off-street. Il numero di stalli su strisce blu è circa 50.000 e i parcheggi in struttura sono circa 25. GTT gestisce i parcheggi "in remoto", ossia fa in modo che ingresso, uscita, informazioni e pagamento della sosta avvengano senza personale.

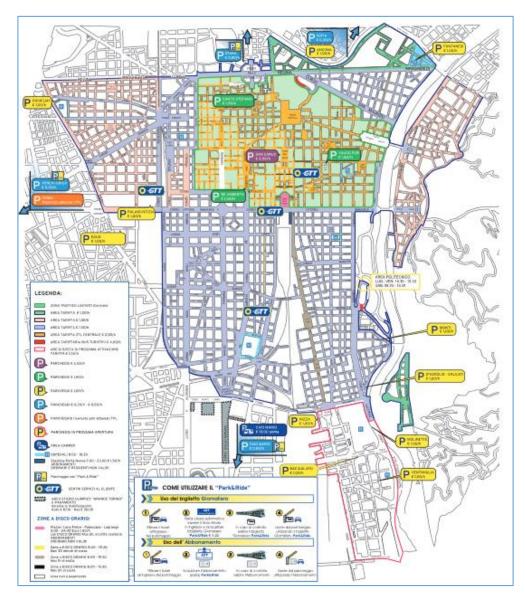


Figura 4. 7: Mappa della sosta a pagamento gestita da GTT

Il pagamento del parcheggio può avvenire tramite parchimetro tradizionale o (per quelli abilitati) tramite l'app SostApp.

Per utilizzarla sono necessari la targa del veicolo ed il codice abbinato alla zona di sosta comunemente riportato sulla segnaletica verticale del parcometro.

Lo Smart Parking Bosch potrebbe essere integrato in questo sistema in modo tale che l'app oltre a permettere il pagamento del parcheggio, possa indirizzare anche verso gli stalli liberi. In seguito ad interviste a numerosi soggetti coinvolti nella gestione della mobilità di Torino, è emersa una prima possibile applicazione dei sensori all'interno della nuova ZTL che si vuole creare nel centro della città. La ZTL prevedrebbe il pagamento di una tassa di entrata di 5 euro con una quota di due ore di sosta compresa nel prezzo. L'installazione di sensori sugli stalli potrebbe essere uno strumento utile per fare in modo che chi gli automobilisti possano avere informazioni sulla presenza o meno di posti liberi e la localizzazione degli stessi prima di effettuare il pagamento per accedere alla ZTL.

4.3 SWOT Analysis

L'analisi SWOT è uno strumento di pianificazione strategica che consente di individuare "i punti di forza, debolezza, le opportunità e le minacce di un progetto o in un'impresa o in ogni altra situazione in cui un'organizzazione/un individuo debba prendere una decisione per il raggiungimento di un obiettivo." [20]. Essa si riferisce all'ambiente interno per quanto riguarda i punti di forza e debolezza, e quello esterno, per quanto riguarda invece le opportunità e minacce.

Le fasi solitamente seguite per l'analisi sono le seguenti:

- Si definisce un obiettivo.
- Si definiscono i punti principali dell'analisi SWOT, che sono:
 - Punti di forza: le attribuzioni dell'organizzazione che sono utili a raggiungere
 l'obiettivo;
 - Debolezze: le attribuzioni dell'organizzazione che sono dannose per raggiungere l'obiettivo;
 - o Opportunità: condizioni esterne che sono utili a raggiungere l'obiettivo;
 - o Rischi: condizioni esterne che potrebbero recare danni alla performance.
- In base alla matrice generata è possibile comprendere se l'obiettivo è raggiungibile o meno.
- Se l'esito è positivo le SWOT vengono utilizzate per generare possibili strategie.

Nella Tabella 4.2 sono riassunti i punti principali di ogni "area" della matrice SWOT che verranno poi approfonditi nei paragrafi successivi.

Strenghts

- Know how di Bosch nella produzione dei sensori
- Alte prestazioni tecniche (accuratezza, autoapprendimento)
- Facilità di installazione e manutenzione
- Crescita della rete LoRaWAN
- Possibilità di produzione di massa con conseguenti economie di scala
- Possibilità di creare partnership con numerose aziende coinvolte nella catena del valore.
- Flessibilità del sistema, possibilità di integrarlo con applicativi già esistenti.

Weaknessess

- Possibilità del sensore di lavorare solo in rete LoRaWAN.
- Rischio furto e manomissione
- Massa critica da raggiungere

Opportunities

- Nuovo cliente: pubblica amministrazione, bandi europei di finanziamento mobilità sostenibile.
- Possibile applicazione nel mondo dell'auto a guida autonoma.
- Potenzialità dei dati raccolti: modellazione delle tariffe in base alla domanda.
- Crescente mercato dell'auto elettrica.

Threats

- Competitività del settore di mercato.
- Tempi lenti della pubblica amministrazione.
- Possibile nascita di nuove soluzioni più efficienti

Tabella 4.2: Analisi SWOT dello Smart Parking Bosch

4.3.1 Strenghts

Il primo punto di forza del sistema Smart Parking è legato alle caratteristiche tecniche e soprattutto al know-how di Bosch nella produzione di sensori.

Come visto nei paragrafi precedenti, le aziende che si stanno affacciando a questo mercato, sono per la maggior parte piccole aziende, start up o spin-off di università che, si specializzano in tecnologie per la gestione del parking. Dal punto di vista tecnologico, il sensore di parcheggio Bosch sfrutta un know-how consolidato nella produzione di sensori dal 1993, ciò garantisce elevate prestazioni. Come visto nel Capitolo 3, infatti, il sensore Bosch possiede una serie di features tecniche che si traducono in benefici dal punto di vista di: semplicità dell'installazione, bassa manutenzione richiesta, precisione ed accuratezza dei dati raccolti. La semplicità dell'installazione del sensore comporta, inoltre, un impatto minimo dello stesso sull'infrastruttura stradale. Inoltre, essendo l'azienda la più grande produttrice mondiale di componentistica per autovetture, essa può garantire una produzione di massa del sensore senza particolari limiti di capacità in grado di coprire gli stalli di intere città con lead time e con costi decrescenti grazie all'economia di scala che si instaurerebbero.

Anche la rete LoRaWAN su cui i sensori trasmettono i dati rappresenta un punto di forza in quanto, rispecchiando perfettamente le esigenze di una trasmissione di pochi dati, a bassa potenza e largo raggio, rappresenta essere una chiave abilitante per la diffusione dell'IoT

Il secondo punto di forza dello Smart Parking Bosch, risiede nelle partnership che l'azienda può creare grazie alla sua forte presenza sia dal punto di vista geografico che di settori di mercato. Un esempio è quella già nata con A2A che in questo momento rappresenta l'unico provider di rete in Italia in grado di fornire un network server LoRaWAN con prestazioni avanzate e con Arduino per lo sviluppo dell'applicativo.

In terzo luogo, un punto di forza è rappresentato dalla flessibilità del sistema sensore + rete. Esso infatti può essere integrato con qualsiasi piattaforma di gestione dati ed applicativo già esistenti e quindi inserirsi direttamente nella catena del valore del parking management. In assenza di piattaforma dati ed applicativo, invece, Bosch, grazie alla partnership con Arduino può fornire anche la parte di back-end e front-end.

4.3.2 Weaknesses

Una debolezza del sistema Smart Parking Bosch risiede nell'impossibilità di utilizzare il sensore con una rete differente dalla LoRaWAN, laddove invece, come visto precedentemente, alcuni sensori delle aziende concorrenti funzionano con più reti. Per quanto, infatti, la LoRaWAN si stia diffondendo sempre di più, si tratta comunque di una tecnologia completamente nuova, in via di sviluppo ed in continuo aggiornamento; ne consegue che non esistono dati storici al riguardo e non è detto che sarà essa ad affermarsi sul mercato come rete principale dell'IoT.

Un secondo limite del sistema risiede nella struttura stessa del sensore. Se da un lato, infatti, essa garantisce una veloce installazione e facile manutenzione, dall'altro alimenta il rischio di furti e manomissioni e quindi una possibile necessità di sostituzione frequente.

Infine, una debolezza dei sistemi di Smart Parking in generale, risiede nella necessità di raggiungere una massa critica di utilizzatori perchè essi manifestino la loro potenzialità e impattino realmente la realtà circostante.

4.3.3 Opportunities

Una delle principali opportunità del business consiste nella possibilità per Bosch di rivolgersi ad un "cliente" completamente nuovo, quello pubblico delle municipalità.

A causa della situazione ambientale sempre più critica, i temi della mobilità sostenibile e delle Smart City sono, al giorno d'oggi, molto sentiti e pertanto sono numerosi i finanziamenti pubblici in loro favore. L'Europa offre un forte sostegno alla creazione di nuovi progetti aventi come tema la mobilità sostenibile. Ad esempio nell'ambito di Horizon 2020 sono stati stanziati circa 863 milioni di euro distribuiti in 3 bandi: Mobilità per la crescita, Trasporto automatizzato su strada, Veicoli Verdi. I finanziamenti sono erogati sia sotto forma di sovvenzioni, a seguito di proposte presentate, sia di appalti che vengono aggiudicati mediante bandi di gara.

Un'altra opportunità è rappresentata dall'avvento dell'auto a guida autonoma che, nei prossimi anni, rivoluzionerà il settore automotive. La guida autonoma si sviluppa su 5 livelli, dal primo, che consiste nella guida assistita, fino all'ultimo che prevede l'assenza di volante e conducente. In tutti questi livelli di autonomia, l'esistenza di un'infrastruttura all'interno delle città che sia in grado di segnalare la presenza di auto parcheggiate lungo la carreggiata può essere di grande aiuto sia per segnalare ostacoli lungo la traiettoria delle auto, sia per indirizzarle autonomamente ai parcheggi liberi.

Infine, una grossa opportunità di un business del genere è rappresentata dai dati raccolti dai sensori. È noto come in un contesto di digitalizzazione sempre crescente i dati rappresentino un'enorme fonte di guadagno. Si stima, infatti, che il mercato dei dati in Europa valga oggi 60 miliardi di euro [21], con trend crescente. Per una questione di privacy i sensori non sono in grado di riconoscere targa o modello delle auto, i dati raccolti in questo caso riguardano principalmente la presenza/assenza di auto parcheggiate in determinate fasce orarie. Come nel caso di San Francisco descritto nel Capitolo 2, con i dati raccolti dai sensori, i gestori dei parcheggi sia on che off street, possono modellare le tariffe degli stalli rendendole dinamiche al variare della domanda. Il comune di san Francisco, utilizzando i sensori solo in alcune aree pilota, seguendo questa strategia di pricing ha aumentato i suoi ricavi di circa 2 milioni di dollari l'anno.

4.3.4 Threats

Il primo rischio del business deriva, come visto all'inizio di questo capitolo, dalla presenza sul mercato di varie aziende già operanti in questo settore. La superiorità del sensore dal punto di vista tecnologico non sarebbe sufficiente a far sì che esso si affermi al di sopra dei concorrenti qualora il prezzo del sistema non dovesse risultare competitivo.

In secondo luogo, se da un lato l'apertura al settore pubblico possa rappresentare una nuova sfida per Bosch, dall'altro i tempi decisionali e di pianificazione strategica da parte della

pubblica amministrazione possono essere molto lenti e quindi potrebbero ostacolare l'avanzamento del progetto. Se si considera, invece, i parcheggi off-street vi è il rischio che il rapporto costi-benefici di questa tecnologia rispetto alle preesistenti non sia sufficiente a giustificare un investimento da parte dei proprietari dei parcheggi.

Infine, un rischio per il business, data la forte spinta all'innovazione tecnologica che caratterizza l'era dell'Industria 4.0, è che la tecnologia di rilevamento con sensori sia "superata" da nuove soluzioni che si possano dimostrare più efficienti.

5 Conclusioni

In questo lavoro di tesi è stato trattato un progetto nell'ambito IoT per l'ottimizzazione della gestione dei parcheggi on-street e off-street. Il sistema prevede l'utilizzo di sensori di parcheggio Bosch per il rilevamento della presenza del veicolo sullo stallo. Questo sistema è stato pensato e sviluppato per tre principali "use cases".

In primo luogo, per agevolare la ricerca del parcheggio su strada, il sensore è connesso ad una rete che permette di mettere a disposizione, attraverso un'app, i dati sulla presenza di stalli liberi nelle varie zone della città, in modo tale che gli automobilisti possano indirizzarsi direttamente verso il posto libero.

In secondo luogo, per monitorare gli stalli riservati alla ricarica delle auto elettriche e garantire un immediato intervento degli ausiliari di fronte all'occupazione abusiva di auto normali o non in fase di ricarica.

In terzo luogo, in un'ottica di lungo periodo, si prevede che la presenza di un'infrastruttura nelle città in grado di verificare la presenza dei veicoli parcheggiati possa essere d'aiuto alla diffusione e sviluppo delle auto a guida autonoma.

Dopo un'introduzione sul tema delle Smart City e della Smart Mobility, che rappresentano il contesto del progetto, è stata riportata una panoramica delle tecnologie di smart parking presenti in letteratura a partire dal 2012.

In seguito, è stato descritto il progetto di Bosch che prevede la partnership con due aziende italiane per garantire la massima prestazione sia dal punto di vista della rete di trasmissione dei dati sia per lo sviluppo dell'applicativo.

Infine è stata condotta un'analisi del mercato dello "smart parking" sia per quanto riguarda i competitor che i potenziali punti di applicazione ed utenti finali del sistema.

L'analisi dei competitor è stata svolta per comprendere quali sono i principali attori che si stanno attivando in questo mercato ed inoltre per descrivere quantitativamente, attraverso casi studio di sperimentazioni già in essere, quali sono i benefici che la soluzione può apportare. Per quanto riguarda la fase di customer discovery, sono stati distinti i due casi di parcheggi on-street ed off-street.

A seguito delle analisi effettuate, è stata elaborata una matrice SWOT che riassume i punti di forza, debolezza, le opportunità ed i rischi per il business.

È emerso che i maggiori punti di forza del sistema risiedono nelle sue prestazioni tecniche, nella possibilità da parte di una azienda come Bosch di creare partnership con numerosi attori coinvolti nella catena del valore dello smart parking e nella possibilità di integrare il sistema in tutte le piattaforme di gestione del parcheggio già esistenti. Le debolezze sono poche e sono prevalentemente legate a possibili furti e manomissioni dei sensori installati su strada.

Le opportunità sono numerose e legate soprattutto alla possibilità di aprirsi al mercato delle pubbliche amministrazioni, all'utilizzo dei dati raccolti che al giorno d'oggi rappresentano un'enorme fonte di guadagno. Tra i principali rischi, invece, vi è il prezzo a cui offrire la tecnologia sul mercato che se non competitivo potrebbe impedire la crescita del business.

Nel complesso l'implementazione del sistema Smart Parking Bosch in collaborazione con A2A ha mostrato grandi potenzialità riguardo l'impatto positivo sulla viabilità all'interno delle città, la riduzione del tempo trascorso nel traffico, l'ottimizzazione dei controlli da parte degli ausiliari ed infine la riduzione delle emissioni da parte dei veicoli.

Sviluppi futuri

I prossimi sviluppi saranno rivolti innanzitutto alla ricerca di ulteriori Comuni interessati alla sperimentazione della tecnologia e al consolidamento dei contatti già creati. In data 10 Aprile 2019 il progetto verrà presentato all'Assessore dei Trasporti di Torino per valutare una possibile applicazione nel centro della città. Verrà inoltre sviluppato un modello di simulazione del parcheggio in presenza ed in assenza dei sensori in modo tale da quantificare realmente i benefici che l'utilizzo del sistema possono apportare ai ricavi del parking e al tasso di disponibilità di posti liberi.

Bibliografia e sitografia

- [1] McKinsey, «The trends transforming mobility's future».
- [2] B. Murgante e G. Borruso, «Smart cities: un'analisi critica delle opportunità e dei rischi,» GEOmedia, 2013.
- [3] M. A. Cerizza, «Dall'Europa un sostegno alla promozione delle smart city,» *Il Sole 24 ore*, 2018.
- [4] Statista. [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/.
- [5] «UX,» [Online]. Available: https://dynomapper.com/blog/19-ux/176-ux-careers.
- [6] [Online]. Available: https://www.economyup.it/mobilita/smart-mobility-che-cose-ecome-migliorera-le-nostre-citta/.
- [7] ENEA, «Rapporto annuale efficienza energetica 2018,» Giugno 2018.
- [8] [Online]. Available: https://www.focus.it/cultura/curiosita/quanto-tempo-si-perde-nel-traffico.
- [9] McKinsey Global Institute, «Smart cities: digital solutions for a more livable future,» McKinsey&Company, Brussels, San Francisco, Shangai, Giugno 2018.
- [10] [Online]. Available: http://inrix.com/press-releases/cod-us/.
- [11] R. G. D. B. R. e F. R.-G., «Smart Parking: Parking Occupancy Monitoring,» Georgia Southern University, Statesboro, GA 30460, USA.
- [12] L. T. Idris, «Car Park System: A review of Smart Parking System ad its Technology,» University of Malaya, Kuala Lumpur, Malesia.
- [13] A. Grazioli, M. Picone, F. Zanichelli e M. Amoretti, «"Collaborative Mobile Application and Advanced Services for Smart Parking",» IEEE, 2014.
- [14] SFMTA, «Pilot Project Evaluation Summary: a summary of the SFMTA's evaluation of the SFpark pilot project,» San Francisco, 2014.
- [15] «IoT,» [Online]. Available: https://www.bosch.com/internet-of-things/.
- [16] «SigFox Vs LoRaWAN,» [Online].

- [17] Lora Alliance, Technical Marketing Workgroup 1.0, «A technical overview of LoRa® and LoRaWANTM».
- [18] «Sistema di parcheggio intelligente,» [Online]. Available: http://smartparkingsystems.com/treviso-sistema-di-parcheggio-intelligente/.
- [19] «AMAT,» [Online]. Available: http://www.milanotoday.it/cronaca/strisce-blu-paganti.html.
- [20] «Analisi SWOT,» [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/Analisi_SWOT.
- [21] «Valore del mercato dei dati,» [Online]. Available: http://www.ansa.it/sito/notizie/tecnologia/hitech/2018/11/14/mercato-dei-dati-vale-in-europa-60-mld 4779c763-1c72-4071-82ff-54fd7de6b446.html .
- [22] Gartner. [Online]. Available: https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/iot-gartner-25-miliardi-di-oggetti-connessi-nel-2020/.
- [23] Bosch, «https://www.bosch-connectivity.com,» [Online].
- [24] L. Staricco, «Smart Mobility: opportunities and conditions,» *TeMa*, 2013.
- [25] «Wikipedia,» [Online]. Available: https://it.wikipedia.org/wiki/User Experience.
- [26] SFpark+, «Pilot Project Evaluation Summary».
- [27] «il mercato dei dati,» [Online]. Available:

 http://www.ansa.it/sito/notizie/tecnologia/hitech/2018/11/14/mercato-dei-dati-vale-in-europa-60-mld 4779c763-1c72-4071-82ff-54fd7de6b446.html .