

ALMA MATER STUDIORUM · UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

---

SCUOLA DI SCIENZE

Corso di Laurea Magistrale in Informatica

**Un sistema di Smart Retail  
basato su Riconoscimento Espressivo  
e dispositivi Beacon BLE**

**Relatore:**

**Chiar.mo Prof.  
Marco Di Felice**

**Presentata da:**

**Orgest Shehaj**

**Correlatore:**

**Chiar.mo Prof.  
Luciano Bononi**

**Sessione I**

**Anno Accademico 2016-2017**

*Alla mia famiglia che  
Durante questi anni mi  
È  
Stata vicina  
Incoraggiandomi  
Ripetutamente  
E in ogni occasione  
ex æquo ...*



# Introduzione

Lo smart retailing sta vivendo una trasformazione dovuta a rapidi sviluppi tecnologici. I rivenditori stanno utilizzando tecnologie intelligenti per migliorare le esperienze di shopping dei consumatori e restare competitivi.

L'esperienza di acquisto è cambiata notevolmente nel corso degli anni e il numero dei consumatori on line è aumentato notevolmente.

Le catene di vendita al dettaglio hanno investito pesantemente nell'introduzione di tecnologie self-service, come bancomat, punti informativi, display interattivi dotati di touch screen, segnaletica digitale e applicazioni per telefoni cellulari supportati da tag RFID.

Altri rivenditori hanno sviluppato negozi completamente virtuali dove i consumatori possono utilizzare i loro smart device per individuare i prodotti e acquistarli all'interno del negozio, e riceverli direttamente a casa.

"Smart" è diventata una nuova parola d'ordine nel panorama aziendale. Descrive gli sviluppi socio-economici e tecnologici alimentati da rapidi progressi nell'informazione e nella comunicazione. Recentemente, i rivenditori hanno messo in atto una serie di tecnologie smart come i display interattivi, le smart shopping carts, sistemi di identificazione a radiofrequenza (RFID), sistemi di assistenza smart, sistemi di comunicazione in campo (NFC) ecc. L'implementazione di tali tecnologie intelligenti è vantaggiosa per i rivenditori poichè offre un'esperienza migliore per i clienti, una migliore gestione aziendale, riduzioni dei costi e, infine, una maggiore redditività aziendale.

L'idea emergente di "smart retailing" riflette una piattaforma in cui i rivenditori e i clienti utilizzano tecnologie intelligenti per reinventare e rafforzare i loro ruoli nell'economia, per condividere e migliorare la qualità delle esperienze dei clienti.

Le tecnologie Smart retail sono in grado di migliorare l'esperienza di shopping dei clienti fornendo servizi di vendita al dettaglio superiori e personalizzati.

Lo smart retail unisce la dimensione fisica con quella digitale nelle vendite, dove vengono sottolineate l'interazione tra i clienti, dispositivi intelligenti, prodotti, e canali di vendite. Lo Smart retailing descrive la presenza di oggetti o dispositivi intelligenti collegati tra loro attraverso la tecnologia wireless. Collegando i mondi fisici e digitali, lo smart retail consente un'interazione in tempo reale con i clienti. Ciò consente ai rivenditori di acquisire nuove funzionalità in termini di monitoraggio, controllo, ottimizzazione e autonomia [10].

Lo scopo di questo lavoro di tesi è quello di proporre un nuovo ed innovativo sistema di smart retail. In particolare, questo sistema, cerca di sostituirsi alla figura del commesso, migliorando l'esperienza offerta da quest'ultimo, e lo fa analizzando le caratteristiche e le espressioni facciali dei clienti. Caratteristiche come l'età, il sesso, gli stati d'animo, la direzione della testa, della vista e la posizione del cliente. Grazie a una telecamera montata su un raspberry pi, viene fatto la profilazione degli utenti che si trovano davanti la telecamera, ogni secondo. Utilizzando il riconoscimento facciale ed emotivo, si individua l'età, il sesso e anche le preferenze del cliente analizzando i suoi stati d'animo. Abbiamo creato un applicazione android, ad hoc, che utilizza almeno 3 beacon bluetooth low energy per individuare la posizione indoor del cliente, grazie alla tecnica della trilaterazione, e calcola la percentuale di acquisto del cliente sugli oggetti che quest'ultimo osserva. È stato utilizzato l'algoritmo di classificazione Naive Bayes per calcolare la percentuale di acquisto del cliente. Il sistema tiene conto anche delle caratteristiche dei clienti che hanno acquistato in passato, e propone delle eventuali offerte o sconti, sull'articolo interessato, qualora queste dovessero convincere il cliente ad acquistare l'articolo. Il sistema proposto migliora le esperienze di shopping dei consumatori ma porta anche numerosi vantaggi ai rivenditori poiché offre una migliore gestione aziendale, riduce i costi del rivenditore e, infine, porta una maggiore redditività aziendale. Questo sistema è stato pensato per qualsiasi tipo di attività commerciale, sia virtuale che fisica.

Questo lavoro di tesi è organizzato nel seguente modo:

- A questa introduzione, segue il capitolo 1, dove si parla dello stato del arte del Internet of Things e dello Smart Retail.

- 
- In seguito, nel Capitolo 2 vediamo lo stato dell'arte del Bluetooth low energy e dei Beacon.
  - Segue il Capitolo 3, dove si descrive la progettazione del sistema di smart retail costruito. Descrivendo dettagliatamente i componenti che ne fanno parte e le loro funzionalità.
  - Il Capitolo 4 parla dell'implementazione, descrivendo le tecnologie utilizzate e proponendo frammenti di codice.
  - Il Capitolo 5, analizza la precisione della telecamera e del algoritmo di classificazione utilizzato, Naive Bayes.
  - Infine troviamo le Conclusioni relative all'intero lavoro svolto e i possibili sviluppi futuri che potrebbero migliorare l'attuale sistema di smart retail costruito.



# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>i</b>
<b>1 Internet of Things e Smart Retail</b>	<b>1</b>
1.1 Internet of things . . . . .	1
1.1.1 Definizione IoT . . . . .	1
1.1.2 Architettura IoT . . . . .	2
1.1.3 Esempi di IoT . . . . .	3
1.2 Smart retail . . . . .	4
1.2.1 Smart technology . . . . .	6
1.2.2 Applicazioni Smart retail . . . . .	6
<b>2 Bluetooth Low Energy e Beacon</b>	<b>9</b>
2.1 Bluetooth Low Energy . . . . .	9
2.1.1 Panoramica . . . . .	10
2.1.2 Strato Fisico . . . . .	10
2.1.3 Link Layer . . . . .	11
2.1.4 L2CAP . . . . .	14
2.1.5 ATT . . . . .	14
2.1.6 GATT . . . . .	15
2.1.7 Sicurezza . . . . .	15
2.2 Beacon . . . . .	17
2.2.1 iBeacons . . . . .	17
2.2.2 Eddystone . . . . .	18

---

<b>3</b>	<b>Progettazione</b>	<b>21</b>
3.1	Scopo del Progetto . . . . .	21
3.2	Architettura . . . . .	22
3.2.1	Il Server . . . . .	23
3.2.2	Il Client . . . . .	25
3.3	Scenario generale . . . . .	27
<b>4</b>	<b>Implementazione</b>	<b>29</b>
4.1	Server . . . . .	29
4.1.1	La telecamera . . . . .	31
4.1.2	Il Database del Server . . . . .	33
4.2	Client . . . . .	33
4.2.1	Activity . . . . .	34
4.2.2	I Beacon . . . . .	37
4.2.3	Beacon Emitter . . . . .	39
4.2.4	Trilateration . . . . .	39
4.2.5	Naive Bayes . . . . .	39
<b>5</b>	<b>Valutazione di prestazioni</b>	<b>41</b>
5.1	Precisione della Telecamera . . . . .	41
5.1.1	Precisione sul Sesso . . . . .	42
5.1.2	Precisione Età . . . . .	43
5.2	Training set . . . . .	44
5.2.1	Weka . . . . .	46
<b>A</b>	<b>Appendice</b>	<b>51</b>
A.1	Utente 1 . . . . .	51
A.2	Utente 2 . . . . .	52
A.3	Utente 3 . . . . .	54
A.4	Utente 4 . . . . .	55
A.5	Utente 5 . . . . .	56
A.6	Utente 6 . . . . .	57

A.7 Utente 7 . . . . .	58
A.8 Utente 8 . . . . .	59
A.9 Utente 9 . . . . .	61
A.10 Utente 10 . . . . .	62
<b>Bibliografia</b>	<b>65</b>



# Elenco delle figure

1.1	Architettura IoT a tre livelli . . . . .	2
2.1	Stack Del Protocollo BLE . . . . .	11
2.2	Radio Chanel . . . . .	12
2.3	iBeacons . . . . .	18
3.1	Architettura software . . . . .	22
3.2	Server . . . . .	23
3.3	Client . . . . .	25
4.1	Schema di Processo della Telecamera . . . . .	32
4.2	Appi di compilazione . . . . .	33
4.3	Le attività . . . . .	34
4.4	L'activity principale . . . . .	35
4.5	Librerie usate nell'App . . . . .	37
4.6	Trilateration . . . . .	40
4.7	Trilateration X,Y . . . . .	40
5.1	Precisione Sesso . . . . .	43
5.2	Precisione Età . . . . .	44
5.3	Accuratezza del algoritmo di classificazione . . . . .	46
5.4	Algoritmi di classificazione . . . . .	46
A.1	Età e Sesso Utente 1 . . . . .	52
A.2	Stati d'animo Utente 1 . . . . .	52

---

A.3	Età e Sesso Utente 2	53
A.4	Stati d'animo Utente 2	53
A.5	Età e Sesso Utente 3	54
A.6	Stati d'animo Utente 3	54
A.7	Età e Sesso Utente 4	55
A.8	Stati d'animo Utente 4	56
A.9	Età e Sesso Utente 5	56
A.10	Stati d'animo Utente 5	57
A.11	Età e Sesso Utente 6	58
A.12	Stati d'animo Utente 6	58
A.13	Età e Sesso Utente 7	59
A.14	Stati d'animo Utente 7	59
A.15	Età e Sesso Utente 8	60
A.16	Stati d'animo Utente 8	60
A.17	Età e Sesso Utente 9	61
A.18	Stati d'animo Utente 9	61
A.19	Età e Sesso Utente 10	62
A.20	Stati d'animo Utente 10	63

# Capitolo 1

## Internet of Things e Smart Retail

In questo capitolo introduciamo Internet of Things, vedremo una sua breve descrizione, l'architettura e analizzeremo i vantaggi che questa tecnologia ha portato. In seguito vedremo l'evoluzione e i vantaggi portati dalla tecnologia smart retail.

### 1.1 Internet of things

L'Internet of Things è un paradigma basato sull'interconnessione degli oggetti quotidiani. A partire dagli anni 2000, l'Internet of Things sta rapidamente crescendo in modo significativo. IoT rappresenta la prossima evoluzione di Internet con in più le capacità di raccogliere, analizzare e distribuire i dati, che possono essere trasformati in informazioni, conoscenza ed, infine, in saggezza.

#### 1.1.1 Definizione IoT

Le radici del IoT possono essere ricondotte al Istituto di Tecnologia del Massachusetts (MIT), nato dal lavoro presso un Centro di Auto-ID. Fondato nel 1999, questo gruppo stava lavorando nel campo dell'identificazione delle frequenze radio nelle reti (RFID) e sulle tecnologie di rilevamento emergenti. L'IoT ha reso possibile la creazione di una nuova classe di applicazioni grazie alla diretta collaborazione di sensori smart, che interagiscono tra di loro senza l'intervento dell'essere umano [20]. Anche se il significato dell'IoT cambia nel tempo, rimane l'idea di base che l'IoT permette la comunicazione

M2M (machine to machine), ovvero lo scambio di dati senza l'intervento dell'essere umano. Cisco ha stimato che l'IoT è nato tra il 2008 e il 2009, e prevede che ci saranno 50 miliardi di dispositivi IoT connessi a internet entro il 2020. Attualmente ci sono 1 miliardi di dispositivi IoT connessi a internet, in tutto il mondo, ovvero 1,84 a persona. Il numero di dispositivi collegati per ogni persona può sembrare basso. Questo è dovuto al fatto che i calcoli sono fatti su tutta la popolazione mondiale, e attualmente molte persone non sono connesse a internet. Riducendo il campione di popolazione alle persone effettivamente connesse a internet, il numero di dispositivi connessi per ogni persona si alza drammaticamente. Per esempio, se i calcoli vengono fatti su due miliardi di persone, che sappiamo con certezza che usano internet, il numero di dispositivi collegati per ogni persona sale a 6,25 invece di 1,84 [1].

### 1.1.2 Architettura IoT

Internet of Things dovrebbe essere in grado di connettere tra di loro milioni di miliardi di oggetti eterogenei attraverso internet, quindi c'è bisogno di un architettura flessibile a livelli. Non è ancora stato identificato un architettura definitiva tra il crescente numero delle architetture proposte. Nel frattempo, ci sono alcune architetture come quella proposta nella figura 1.1 , che cercano di progettare un'architettura comune basata sull'analisi delle esigenze dei ricercatori e dell'industria. Tra tutti i modelli proposti, il

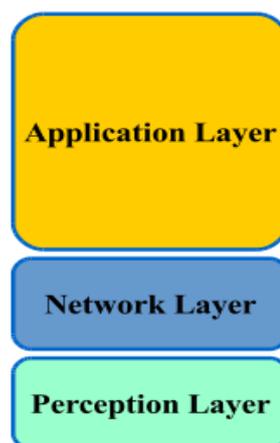


Figura 1.1: Architettura IoT a tre livelli

modello di base rappresenta un architettura a tre strati che consiste :

- Perception Layer: il compito principale di questo livello è quello di percepire le proprietà fisiche degli oggetti che ci circondano e fanno parte dell'IoT. Questo processo si basa su diverse tecnologie di rilevamento, tecnologie come RFID, WSN, GPS, NFC ecc. Inoltre, questo strato è responsabile per la conversione delle informazioni in segnale digitale, il quale è più conveniente per la trasmissione sulla rete.
- Network Layer: questo livello è responsabile del trattamento dei dati ricevuti dal Perception Layer. Inoltre, è responsabile della trasmissione dei dati al livello di applicazione attraverso varie tecnologie di rete, come reti wireless/wired e Local Area Networks (LAN). Per la trasmissione vengono utilizzate tecnologie come: FTTx, 3G/4G, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, UWB e altro ancora. Sulla rete vengono trasmessi enormi quantità di dati, quindi è fondamentale fornire uno strato middleware capace di memorizzare e processare questi dati. Per raggiungere questo obiettivo, il cloud computing è la tecnologia maggiormente utilizzata. Questa tecnologia offre un'interfaccia affidabile e dinamica attraverso i quali i dati potrebbero essere memorizzati e trattati.
- Application Layer: questo livello utilizza i dati processati dal livello precedente. Infatti, questo livello costituisce il front end dell'intera architettura IoT, attraverso il quale potenziali IoT verranno sfruttati. Inoltre questo livello fornisce gli strumenti necessari agli sviluppatori per realizzare applicazioni IoT [21].

### 1.1.3 Esempi di IoT

Un numero sempre più crescente di oggetti fisici si sta collegando a internet a un ritmo senza precedenti, realizzando l'idea di Internet of Things (IoT). Un esempio di questi oggetti comprende i sistemi di controllo e monitoraggio dei termostati, il riscaldamento, la ventilazione, l'aria condizionata, l'industria 4.0, la domotica, la smart energy ecc. Ci sono anche altri ambienti in cui l'IoT può svolgere un ruolo notevole e migliorare la qualità della nostra vita. Queste applicazioni includono lo smart retail, il trasporto, l'assistenza sanitaria, l'industria dell'automazione e la risposta d'emergenza a disastri

naturali e artificiali in cui il processo decisionale umano è difficile. L'IoT consente agli oggetti fisici di vedere, ascoltare, pensare ed eseguire azioni, facendo in modo che gli oggetti fisici comunichino tra di loro, per condividere informazioni e coordinare le decisioni. L'IoT trasforma questi oggetti da tradizionali a intelligenti sfruttando le sue tecnologie sottostanti come la capacità di computazione, i dispositivi embedded, le tecnologie di comunicazione, i sensori, i protocolli internet e le applicazioni. Il concetto generale dell'IoT consente a ogni applicazione di interagire in modo indipendente con i servizi di dominio, mentre i sensori comunicano direttamente con gli attuatori. Nel tempo, ci si aspetta che l'IoT dovrebbe avere un numero significativo di applicazioni per la casa e applicazioni commerciali per contribuire a migliorare la qualità di vita e a crescere l'economia mondiale. Ad esempio, lo smart-home consentirà di accedere automaticamente al garage quando si raggiunge la casa, di preparare il caffè, controllare l'aria condizionata, la tv e altri apparecchi smart [21]. Le imprese possono sfruttare le applicazioni IoT per automatizzare la sicurezza (ad esempio, notificare che uno degli estintori è bloccato), utilizzare le telecamere e i sensori per scoprire le abitudini degli utenti, e come interagiscono con i prodotti. Ci sono 12 miliardi di dispositivi che attualmente si connettono a internet, e i ricercatori stimano che entro il 2020 ci saranno 26 volte più oggetti connessi che persone [1].

## 1.2 Smart retail

Il retailing sta vivendo una trasformazione dovuta a rapidi sviluppi tecnologici. I rivenditori stanno utilizzando tecnologie intelligenti per migliorare le esperienze di shopping dei consumatori e restare competitivi. La più grande sfida futura per il marketing e conseguentemente per la vendita al dettaglio sembra essere la generazione Z, poichè i membri di questa generazione sembrano comportarsi diversamente dai soliti consumatori e sono più concentrati sull'innovazione. I clienti che rientrano nella generazione Z appartengono al gruppo di età che va dai 13 ai 21 anni, e possono essere considerati un gruppo di consumatori distinto dagli altri. Gen-Z ha un potere di spesa di 44 miliardi di dollari solo negli Stati Uniti (IBM). Inoltre, si prevede che il 2020 rappresenteranno il 33% della popolazione globale, secondo le proiezioni di (Fun Global Retail & Tech).

Ignorarli non è la scelta più saggia per marchi e rivenditori . In questa epoca di Internet e della comunicazione la vendita al dettaglio è diventata un'industria dinamica. Ciò è in parte dovuto ai consumatori che sono diventati sempre più dipendenti dalla tecnologia. Poichè le organizzazioni continuano ad aumentare il loro investimento nel IT, stanno diventando consapevoli dell'importanza dell'accettazione dell'IT e del modo in cui il suo utilizzo è una condizione preliminare per ottenere una maggiore produttività. L'esperienza di acquisto è cambiata notevolmente nel corso degli anni e il numero dei consumatori on linea è aumentato notevolmente. Le catene di vendita al dettaglio hanno investito pesantemente nell'introduzione di tecnologie self-service, come bancomat, punti informativi, display interattivi dotati di touch screen, smart mirrors e smart shelves. Altri rivenditori hanno sviluppato negozi completamente virtuali dove i consumatori possono utilizzare i loro smart device per individuare i prodotti e acquistarli all'interno del negozio, e riceverli direttamente a casa. Uno degli esempi più rilevanti è il prototipo di Amazon, StyleCheck, lanciato nel novembre del 2016. Questo prototipo , utilizzando amazon echo e lo smartphone dell'utente, suggerisce l'abito più adatto da indossare in base a una determinata occasione, inoltre mostra all'utente come gli starebbe l'abito addosso e gli da la possibilità di acquistarlo utilizzando soltanto i comandi vocali.

"Smart" è diventata una nuova parola d'ordine nel panorama aziendale. L'implementazione di tali tecnologie intelligenti è vantaggiosa per i rivenditori poichè offre un'esperienza migliore per i clienti, una migliore gestione aziendale, riduzioni dei costi e, infine, una maggiore redditività aziendale. L'idea emergente di "smart retailing" riflette una piattaforma in cui i rivenditori e i clienti utilizzano tecnologie intelligenti per reinventare e rafforzare i loro ruoli nell'economia, per condividere e migliorare la qualità delle esperienze dei clienti. Le tecnologie Smart retail sono in grado di migliorare l'esperienza di shopping dei clienti fornendo servizi di vendita al dettaglio superiori e personalizzati. Secondo una recente relazione, gli investimenti smart retail, sono stimati in circa 14 miliardi di dollari nel 2015, una cifra che probabilmente crescerà del 20% annuo a 36 miliardi di dollari entro il 2020. Con le tecnologie smart retail, i clienti godono di una maggiore autonomia nella creazione di una propria esperienza [9].

Lo smart retail unisce la dimensione fisica con quella digitale nelle vendite, dove vengono sottolineate l'interazione tra i clienti, dispositivi intelligenti, prodotti, e canali

di vendite. Lo Smart retailing descrive la presenza di oggetti o dispositivi intelligenti collegati tra loro attraverso la tecnologia wireless. Collegando i mondi fisici e digitali, lo smart retail consente un'interazione in tempo reale con i clienti. Ciò consente ai rivenditori di acquisire nuove funzionalità in termini di monitoraggio, controllo, ottimizzazione e autonomia. Queste capacità consentono ai rivenditori di sviluppare iterativamente i loro modelli di business e creare un'esperienza di shopping migliore per i clienti.

### 1.2.1 Smart technology

L'evoluzione di internet ha aumentato le possibilità di connettersi in remoto ai prodotti, il che ha aumentato il numero dei dispositivi smart. La tecnologia smart riceve i dati in tempo reale attraverso l'utilizzo di oggetti o dispositivi digitali, integra i dati e consente agli utenti di analizzarli e prendere decisioni operative migliori.

### 1.2.2 Applicazioni Smart retail

Lo smart retail ha aperto la strada per la creazione di molte applicazioni che aiutano e fanno risparmiare il tempo agli utenti. Una di queste applicazioni è StyleCheck.

StyleCheck è un'applicazione lanciata da Amazon nel novembre del 2016, per Amazon Echo, che suggerisce i vestiti più adatti per una determinata occasione.

#### Descrizione

StyleCheck aiuta gli utenti, facendoli risparmiare il loro tempo, individuando e suggerendo i vestiti più adatti a loro. StyleCheck chiede una location e un orario, quindi suggerisce l'abito più adatto da indossare per l'occasione. L'applicazione prende in considerazione anche eventi esterni, come il meteo, per evitare di essere trovati impreparati per l'occasione. I benefici portati da questa applicazione sono molteplici, ovvero:

- la riduzione dello stress dovuto al fatto che si deve andare in giro per i negozi a trovare l'abito adatto
- permette di risparmiare del tempo suggerendo e analizzando gli abiti e lo stile da adottare

- evita di farti trovare impreparato dal maltempo
- permette di condividere il tuo outfit con i tuoi amici, sui social network, per ricevere dei suggerimenti.

### **Funzionamento**

StyleCheck è un applicazione che va installato su Amazon Echo. Amazon Echo è in grado di vedere e sentire tutto ciò che lo circonda, poichè contiene una fotocamera e un microfono. Il dispositivo permette di scattare dei selfie o registrare dei brevi video, per suggerire i vestiti più adatti, simulandoli addosso al utente. Il tutto viene fatto utilizzando dei comandi vocali, attraverso Alexa, come:

- Alexa scatta una foto
- Alexa fai un video
- Alexa vestimi per questa occasione

Amazon Echo non contiene un display built-in, ma gli utenti possono vedere il risultato direttamente sul loro telefono. L'applicazione utilizza diversi algoritmi di machine learning per migliorare l'esperienza utente. Inoltre è possibile comprare il vestito scelto, e farlo arrivare comodamente a casa, utilizzando dei comandi vocali attraverso Alexa [23].



# Capitolo 2

## Bluetooth Low Energy e Beacon

In questo capitolo descriveremo brevemente lo stack di protocollo di BLE, i meccanismi principali e le caratteristiche di ogni livello. Inoltre vedremo brevemente anche i protocolli iBeacon ed Eddystone beacon.

### 2.1 Bluetooth Low Energy

Bluetooth low energy (BLE) è una tecnologia wireless emergente sviluppata dal Bluetooth Special Interest Group (SIG) per la comunicazione a corto raggio. Originariamente fu un progetto di ricerca della Nokia, e venne introdotto nel 2007. Il primo smartphone a includere BLE fu l'iPhone 4S. BLE è stato progettato come una soluzione a basso consumo per applicazioni di controllo e monitoraggio. BLE è la caratteristica distintiva della specifica Bluetooth 4.0. L'avvento di BLE si è verificato con la proposta delle altre soluzioni wireless a basso consumo energetico, come zigBee, 6LoWPAN o Z-wave, implementati in applicazioni che richiedono reti multipli-hops. Tuttavia, BLE costituisce una soluzione single-hops applicabile a diversi usi in aree come la sanità, l'elettronica di consumo, l'energia intelligente e la sicurezza. L'uso diffuso della tecnologia Bluetooth (ad esempio, nei telefoni cellulari, computer, portatili, automobili ecc) ha permesso una rapida adozione della tecnologia BLE, dal momento che l'attuazione di quest'ultima è in grado di sfruttare le somiglianze con la classica Bluetooth [2]. Ultimamente, con l'evoluzione di questa tecnologia stanno nascendo molte applicazioni che aiutano a miglio-

rare il benessere e la qualità delle giornate delle persone. Alcune di queste applicazioni includono:

- la tracciabilità e la localizzazione dei punti di vendita
- Marketing e Advertising
- Soluzioni interattive di customer experience
- Soluzioni di payment interattivi
- Controllo accessi

### 2.1.1 Panoramica

Come nel bluetooth classico, lo stack di protocollo del BLE è composto da due parti principali: Il controller e l'host. Il controller comprende il "Physical layer" e il "Link layer", ed è tipicamente implementato come un piccolo System-on-Chip (SOC) con un emettitore radio integrato. L'host viene eseguito nel processore dell'applicazione ed include funzionalità dei livelli superiori, per esempio, il Logical Link control e l'Adaption Protocol (L2CAP), l'Attribute Protocol (ATT), il Generic Attribute Profile (GATT), il Security Manager Protocol (SMP) e il Generic Access Profile (GAP). La comunicazione tra l'host e il controller è standardizzata come l'Host Controller Interface (HCI).

### 2.1.2 Strato Fisico

BLE funziona nella banda Industrial Scientific Medical (ISM) a 2.4 GHz e definisce 40 canali di Radio frequenza con uno spazio tra i canali di 2 MHz.

Ci sono due tipi di canali RF BLE: canali di avviso e canali di dati. I canali di avviso vengono utilizzati per il rilevamento dei dispositivi, per la realizzazione dei collegamenti e la trasmissione in broadcast, mentre il canale dei dati vengono utilizzati per la comunicazione bidirezionale tra i device connessi. Tre canali sono definiti come canali di avviso. A questi canali sono stati assegnati le frequenze centrali per minimizzare la sovrapposizione con gli altri canali. Un meccanismo di salto di frequenza adattativo viene utilizzato sopra i canali dei dati per evitare l'interferenza e i problemi di propagazione

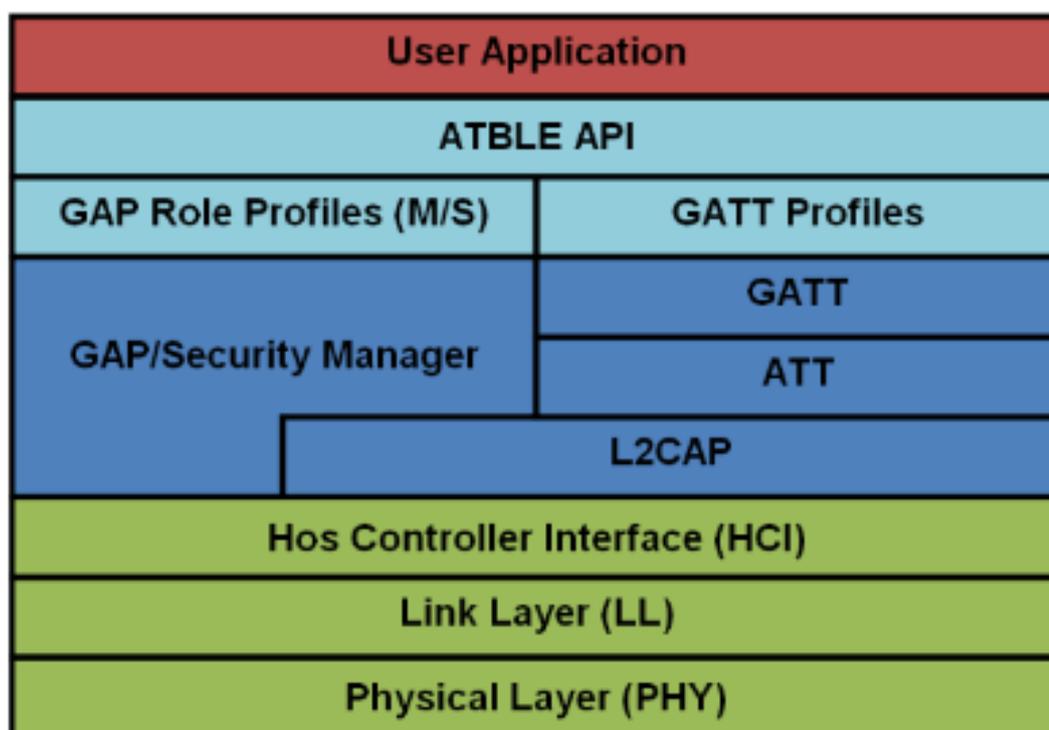


Figura 2.1: Stack Del Protocollo BLE

wireless, come il fading e il multipath. Questo meccanismo seleziona uno dei 37 canali di dati disponibili per la comunicazione in un determinato intervallo di tempo. Tutti i canali usano una modulazione Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK), che è semplice da implementare. L'indice di modulazione è compreso tra i 0,45 e 0,55, il quale permette picchi di energia ridotti. La velocità dei dati a livello fisico è di 1 Mbps, 1,000,000 bits per second. In BLE, la sensibilità del ricevitore è definita come il livello di segnale al ricevitore per cui si ottiene un errore di bit Rate (BER) di  $10^{-3}$ . La specifica BLE manda una sensibilità migliore o uguale a -70 dBm. Il raggio di copertura è in genere più di varie decine di metri.

### 2.1.3 Link Layer

In BLE, quando un dispositivo ha bisogno di trasmettere solo i dati, trasmette i dati in pacchetti di avviso tramite i canali d'avviso. Ogni dispositivo che trasmette pacchetti

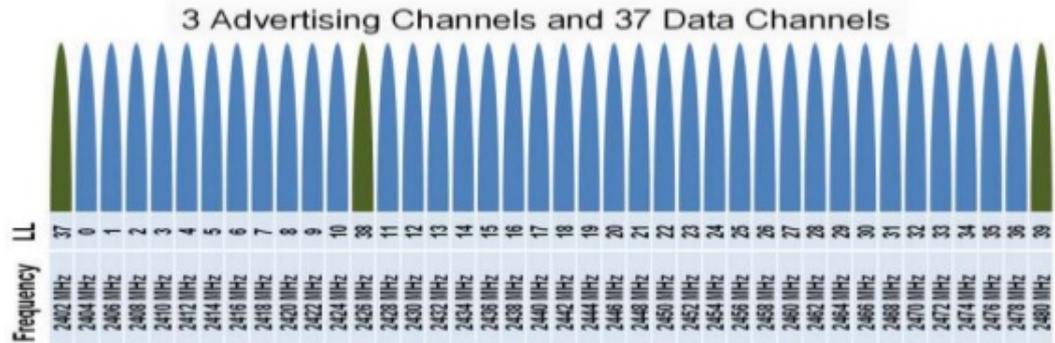


Figura 2.2: Radio Chanel

di avviso viene chiamato *adivovsr*. La trasmissione dei pacchetti in canali di avviso avviene in intervalli di tempo chiamati *eventi di avviso*. All'interno di un evento di avviso, l'inserzionista sequenzialmente usa ogni canale di avviso per trasmettere i pacchetti. I dispositivi che mirano solo a ricevere dati attraverso i canali di avviso vengono chiamati *scanner*. La comunicazione bidirezionale tra due dispositivi richiede che essi siano connessi. La creazione della connessione tra i due dispositivi è una procedura asimmetrica con cui un *advertiser* annuncia attraverso il canale di avviso che è un dispositivo collegabile, mentre l'altro dispositivo (indicato come un *iniziatore*) ascolta questi avvisi. Quando un *iniziatore* trova un *advertiser*, può trasmettere un messaggio di richiesta di connessione per l'*advertiser*, che crea una connessione *point-to-point* tra i due dispositivi. Entrambi i dispositivi possono comunicare utilizzando il canale di dati fisici. I pacchetti per questa connessione verranno identificati da un codice d'accesso generato casualmente a 32-bit. BLE definisce due ruoli per i dispositivi a livello di collegamento per una connessione creata: il *master* e lo *slave*. Questi sono i dispositivi che agiscono come *iniziatore* e *advertiser* durante la creazione della connessione, rispettivamente. Un *master* può gestire più connessioni simultaneamente con diversi *schiafi*, mentre ogni *slave* può essere collegato a un solo *master*. Così, la rete composta da un *master* e gli *slave*, che è chiamata *piconet*, segue una topologia a stella. Attualmente un dispositivo BLE può appartenere solo a una *piconet*. Per salvare la batteria, gli *slave* stanno in modalità *sleep* di default e si svegliano periodicamente per ascoltare se ci sono pacchetti inviati dal *master*. I *master* determinano gli istanti in cui gli *slave* devono ascoltare, e questo coordina l'accesso medio

usando lo schema Time Division Multiple Access (TDMA). Il master fornisce allo slave le informazioni necessarie per l'algoritmo di frequency hopping (compreso la mappa dei canali di dati da utilizzare) e per la supervisione della connessione. I parametri della gestione della connessione sono trasmessi nel messaggio Connection Request e possono essere aggiornati durante la connessione per svariati motivi (es. per usare un nuovo canale di trasmissione dovuto al cambiamento del pattern di interfaccia). Una volta creata la connessione tra master e slave, il canale fisico è diviso in unità di tempo non sovrapposte chiamati eventi di connessione. All'interno di un evento di connessione, tutti i pacchetti sono trasmessi utilizzando la stessa frequenza del canale dati. Ogni evento di connessione inizia con la trasmissione di un pacchetto al master. Se lo slave riceve un pacchetto, lo slave deve inviare un pacchetto al master in risposta. Tuttavia, il master non è tenuto a inviare un pacchetto allo slave alla ricezione di un suo pacchetto. Almeno un Inter Frame Space (IFS) di 150 ms deve passare tra la fine della trasmissione di un pacchetto e l'inizio del successivo. Mentre master e slave continuano ad alternarsi nel inviare i pacchetti, l'evento di connessione è considerato aperto. Il data channel packets include un bit More Data (MD) che segnala se il mittente ha altre informazioni da trasmettere. Se nessuno dei dispositivi ha più dati da trasmettere, l'evento di connessione verrà chiuso e non sarà più necessario che lo slave stia in ascolto fino all'inizio dell'collegamento successivo. Un'altra circostanza che forza la fine della connessione è l'evento che include la ricezione di due consecutivi pacchetti con i bit errati sia dal master che dallo slave, e la corruzione del campo del indirizzo d'accesso di un pacchetto inviato da qualsiasi dispositivo. Per permettere di individuare i bit errati, tutte le unità di dati includono un codice a 24 bit di Cyclic Redundancy Check (CRC). Per una nuova connessione, il master e lo slave usano una nuova frequenza e canale dati, che è ricavata usando l'algoritmo di frequency hopping. Il tempo tra gli inizi di due consecutivi eventi di connessione è specificato dal parametro `connInterval`, il quale è un multiplo di 1.25 ms in un range che va dai 7.5 ms e i 4 s. Un altro parametro importante è `connSlaveLatency`, che definisce il numero di eventi di connessione consecutivi durante i quali lo slave non deve stare in attesa del master, e quindi, può mantenere la radio spenta. Questo parametro è un intero compreso tra 0 e 499 e non dovrebbe causare Timeout di supervisione. Un timeout di supervisione avviene quando il tempo trascorso dall'ultima pacchetto ricevuto supera il parametro `connSu-`

pervisionTimeout, che è nel campo tra 100 ms e 32 s. Lo scopo di questo meccanismo è di rilevare la perdita di una connessione causata da gravi interferenze o movimenti di un dispositivo fuori dal range del suo peer. La connessione del Link Layer usa un stop-and-wait meccanismo di flusso di controllo basato sui riconoscimenti accumulativi, che allo stesso tempo forniscono funzionalità di correzione degli errori. Ogni intestazione dei pacchetti dei canali dati contiene due campi da un bit chiamati Sequence Number (SN) e il Next Expected Sequence Number (NESN). Il bit SN identifica il pacchetto, mentre il NESN indica quale pacchetto deve essere ricevuto dal peer. Se un dispositivo riceve correttamente un pacchetto dal canale dati, il NESN del suo prossimo pacchetto verrà incrementato, e il pacchetto servirà come un ack. Altrimenti, se un dispositivo riceve un pacchetto con un controllo CRC invalido, il NESN del pacchetto ricevuto non può essere invocato. Questo forza il dispositivo ricevente a inviare di nuovo il suo ultimo pacchetto trasmesso, il quale serve come un ack negativo.

#### **2.1.4 L2CAP**

Il L2CAP utilizzato in BLE è un protocollo ottimizzato e semplificato basato sul classico Bluetooth L2CAP. In BLE, l'obiettivo principale di L2CAP è quello di unire i dati di tre protocolli superiori, ATT, SMP e segnale di controllo del Link Layer, in cima a una connessione Link Layer. I dati di questi servizi sono gestiti da L2CAP in un approccio best-effort e senza l'uso di ritrasmissione e controllo del meccanismo di flusso, che sono disponibili in altre versioni BLUETOOTH. La capacità di segmentazione non sono usate, in quanto i protocolli dei livelli superiori forniscono unità di dati che si inseriscono nella massima dimensione del payload di L2CAP, che è pari a 23 byte in BLE.

#### **2.1.5 ATT**

L'ATT definisce la comunicazione tra due dispositivi che giocano i ruoli di server e client, rispettivamente, in cima al canale dedicato L2CAP. Il server mantiene un insieme di attributi. Un attributo è una struttura dati che memorizza le informazioni gestite dal GATT, il protocollo che opera in cima al ATT. Il ruolo del client o del server è

determinato dal GATT, ed è indipendente dal ruolo di master o di slave. Il client può accedere agli attributi del server inviando una richiesta, che fanno scattare i messaggi di risposta dal server. Per una maggiore efficienza, un server può inviare a un client due tipi di messaggi non richiesti che contengono attributi come: le notifiche, che non sono confermate, e indicazioni, che richiedono che il client invii una conferma. Un client può anche inviare comandi al server per scrivere i valori degli attributi. Operazioni di richiesta/risposta e indicazione/conferma seguono uno schema stop-and-wait.

### 2.1.6 GATT

Il GATT definisce un quadro che utilizza l'ATT per la scoperta di servizi e lo scambio delle caratteristiche da un dispositivo a un altro. Una caratteristica è un insieme di dati che includono un valore e una proprietà. I dati relativi ai servizi e alle caratteristiche sono memorizzate nei attributi. Ad esempio, un server che gestisce un sensore di temperatura può collegarsi con un caratteristica di temperatura che usa un attributo per descrivere il sensore, un altro attributo per memorizzare i valori delle misurazioni di temperatura e un ulteriore attributo per specificare le unità di misura.

### 2.1.7 Sicurezza

BLE offre diversi servizi di sicurezza per proteggere lo scambio di informazioni tra i due dispositivi collegati. La maggior parte dei servizi di sicurezza supportati possono essere espressi in termini di due modalità di protezione, mutuamente esclusivi, chiamati LE Security Mode 1 e LE Security Mode 2. Queste due modalità forniscono funzionalità di sicurezza a livello di collegamento e a livello ATT. Il BLE Link Layer supporta la crittografia e l'autenticazione mediante l'algoritmo Cipher Block Chaining-Message Authentication Code (CCM) e un blocco di cifratura a 128-bit AES. Quando la cifratura e l'autenticazione sono utilizzate in una connessione, un Message Integrity Check (MIC) di 4 byte, viene allegato al payload del PDU data channel. La crittografia viene applicata al payload PDU e ai campi MIC. È anche possibile trasmettere dati autenticati attraverso una connessione Link Layer non crittografata. In questo caso, una firma di 12 byte viene posta dopo il payload dati a livello ATT. La firma viene calcolata applicando

un algoritmo che usa un codice a 128-bit AES. Un input del algoritmo è un contatore, che viene utilizzato per provvedere protezione contro gli attacchi di replicazione. Se il ricevitore verifica la firma, si assume che i dati sono stati inviati da una fonte affidabile. Oltre ai servizi descritti, BLE supporta un meccanismo chiamato funzione di privacy, che consente a un dispositivo di utilizzare indirizzi privati e cambiano di continuo. La funzione privacy mitiga le minacce come il tracciamento di un dispositivo BLE. Gli indirizzi privati vengono generati cifrando l'indirizzo pubblico del dispositivo, che può essere risolto da un dispositivo fidato che è stato fornito con la corrispondente chiave di crittografia. Ogni account è in modalità sicura con diversi livelli, che esprimono i requisiti per quanto riguarda il tipo di associazione che deve essere utilizzato. L'associazione è una procedura con la quale i dispositivi generano e distribuiscono le chiavi. L'accoppiamento si compone di tre fasi. Nella prima fase i dispositivi collegati annunciano la loro capacità di input/output e, sulla base di questi, scelgono un metodo adatto per la seconda fase. La seconda fase ha lo scopo di generare la chiave a breve termine (STK), che sarà utilizzata nella terza fase per assicurare la distribuzione della chiave. Nella seconda fase, i dispositivi di accoppiamento prima concordano una chiave temporanea (TK), con il metodo out-of-band, oppure può essere una password. Il metodo Out of Band usa dei metodi fuori banda per comunicare (es NFC), per l'accordo della TK. Nel metodo della password, l'utente passa una cifra a sei numeri come TK tra i dispositivi. Quando nessuno di questi due metodi può essere usato, viene implementato il metodo Just Work, anche se non usa l'autenticazione e non prevede protezione di Man In The Middle attacks (MITM). Basato sulla TK, e su valori generati casualmente per ogni accoppiamento tra dispositivi, l'STK viene ottenuto da entrambi i dispositivi, che porta alla fine di entrambi i dispositivi, il che porta alla fine della seconda fase. Nella terza fase, ogni endpoint della connessione può distribuire alle altre endpoint fino a 3 chiavi a 128-bit chiamate Long-Term key (LTK), la Connection Signature Resolving Key (CSRK) e l'Identity Resolving Key (IRK). La LTK è usata per generare chiavi a 128 bit impegnate nel crittografare e autenticare il Link Layer. Il CSRK è utilizzato per la firma dei dati, eseguito dal livello ATT. La terza chiave (IRK), è utilizzata per generare un indirizzo privato sulla base di un indirizzo pubblico di un dispositivo. Lo scambio di messaggi necessari per la distribuzione del LTK, il CSRK o IRK è crittografato utilizzando il STK ottenuto nella

seconda fase. Il Security Manager Protocol (SMP) svolge lo scambio di messaggi dei tre fasi di accoppiamento descritte sopra. SMP opera sopra un canale L2CAP fisso.

## 2.2 Beacon

I beacon bluetooth sono trasmettitori hardware a basso consumo energetico, che appartengono alla classe dei dispositivi Bluetooth Low Energy (BLE), i beacon trasmettono in broadcast il loro identificatore ai dispositivi elettronici vicini. Questa tecnologia permette agli smartphone, tablet e altri dispositivi mobili di eseguire delle azioni quando sono in prossimità ed intercettano l'identificativo di un beacon. I beacon bluetooth usano i sensori di prossimità del Bluetooth Low Energy (BLE) per trasmettere un identificativo univoco, che verrà intercettato da un app compatibile o da un sistema operativo. L'identificatore e un insieme di byte inviati dal beacon, permettono di determinare la posizione fisica del device, di tracciare gli utenti o di attivare un azione basata sulla posizione del dispositivo, ad esempio un check-in sui social media oppure una notifica push sul device [22]. I beacon lavorano sulle frequenze 2,4Ghz, frequenze influenzate dall'acqua, quindi anche dal corpo umano, e si rischia di perdere il segnale, o si ha una variazione continua del segnale, questo problema può essere risolto usando i sensori del device, come l'accelerometro, il giroscopio, il magnetometro ecc. I sensori dei telefoni sono estremamente precisi, quindi sono estremamente utili per eliminare l'errore delle onde radio. Oltre ad essere influenzato dal corpo umano, il segnale Rss dei beacon viene influenzato anche dai muri e da ogni ostacolo che circonda il beacon.

### 2.2.1 iBeacons

L'iBeacons è un dispositivo di posizionamento indoor rilasciato da Apple Corp nel settembre del 2013. Il meccanismo di funzionamento è che un dispositivo di comunicazione dotato di Bluetooth LE, invia, utilizzando la tecnologia BLE, il proprio ID, e un dispositivo mobile, dopo aver ricevuto tale ID, dovrà eseguire alcune azioni. Il SIG ha formulato dei standard per la tecnologia bluetooth. Questa tecnologia bluetooth a bassa potenza, ha il vantaggio di consumare poca energia, infatti una batteria a bottone

può alimentare un device del genere fino a due anni [25]. Il protocollo Bluetooth LE è energeticamente più efficiente del classico Bluetooth.

Mobile phone operating system	Compatible devices
IOS devices	IOS devices with Bluetooth 4.0 (iPhone 4S and later, iPad (3rd generation) and later, iPad Mini (1st generation) and later, iPod Touch (5th generation).
Android	Android 4.3+ (e.g. Samsung Galaxy S3/S4/S4 Mini, Samsung Galaxy Note 2/3, HTC One, Google/LG Nexus 7 2013 version/Nexus 4/Nexus 5, HTC Butterfly, OnePlus One).
Windows Phone	Windows Phone devices with the Lumia Cyan update or above.

Figura 2.3: iBeacons

Il protocollo iBeacon può risvegliare soltanto le applicazioni iOS. Un dispositivo iBeacon invia il proprio:

- UUID di 16 bytes, obbligatorio
- Major di 2 bytes, opzionale
- Minor di 2 bytes, opzionale

### 2.2.2 Eddystone

Eddystone è un nuovo protocollo che definisce la formattazione dei messaggi di BLE annunciato da Google in luglio 2015 e lanciato nel Aprile del 2016. Si tratta di un protocollo open source che è disponibile anche su gitHub [18]. I dispositivi che implementano il protocollo Eddystone possono inviare tre tipi di segnali:

- Eddystone-UID
- Eddystone-URL
- Eddystone-TLM
- Eddystone-EID

L'eddystone-UID è un id univoco che corrisponde al iBeacon ID. L'eddystone-URL è un indirizzo URL che viene mandato in broadcast dal beacon, e non si ha bisogno di avere un app installato sul telefono mobile per riceverlo, basta avere installato il browser chrome. L'eddystone-TLM sono delle informazioni sulla salute del beacon che vengono inviate in broadcast, questo tipo di messaggio è particolarmente utile poichè in questo modo si possono tenere sotto controllo lo stato del proprio beacon, come la percentuale della batteria, la temperatura del beacon [7]. L'Eddystone-EID trasmette un identificatore che cambia pseudo-casualmente ogni pochi minuti. L'EID è utile quando si vuole impedire che altri usino lo stesso beacon senza permesso, oppure per preservare la privacy del utente.



# Capitolo 3

## Progettazione

Il seguente capitolo illustra in dettaglio lo scopo del progetto, le problematiche incontrate e le fasi di progettazione necessarie per la successiva fase di implementazione.

### 3.1 Scopo del Progetto

Lo scopo di questo lavoro di tesi è quello di proporre un nuovo sistema di smart retail, utilizzando il riconoscimento facciale ed emotivo, per capire l'età, il sesso e le preferenze del cliente. Il sistema proposto migliora le esperienze di shopping dei consumatori ma porta anche numerosi vantaggi ai rivenditori poichè offre una migliore gestione aziendale, riduce i costi del rivenditore e, infine, porta una maggiore redditività aziendale. Questo sistema è stato pensato per qualsiasi tipo di attività commerciale, sia virtuale che fisica. In particolare, questo sistema, cerca di sostituirsi alla figura del commesso, migliorando l'esperienza offerta da quest'ultimo, e lo fa analizzando le caratteristiche e le espressioni facciali dei clienti come l'età, il sesso, se il cliente è felice, ecc. Vengono utilizzati algoritmi di classificazione per calcolare la percentuale di acquisto del cliente, tenendo conto anche delle caratteristiche dei clienti che hanno acquistato in passato, e il sistema propone delle eventuali offerte, qualora queste dovessero portare all'acquisto. Il server e il client collaborano tra di loro in maniera ottimale, e condividono le informazioni necessarie per migliorare al massimo l'esperienza del cliente.

## 3.2 Architettura

Abbiamo diviso il sistema di smart retail costruito in due parti, il server e il client :

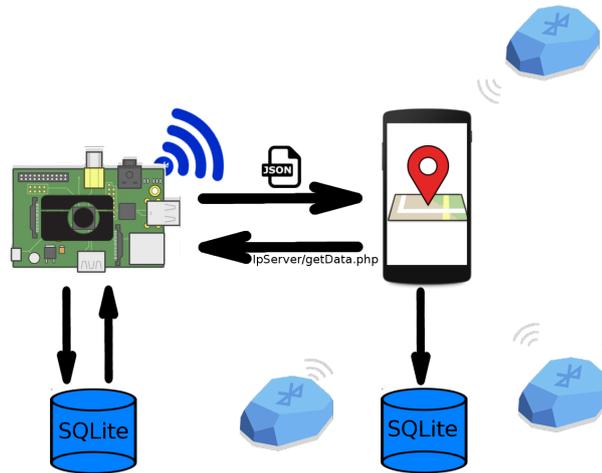


Figura 3.1: Architettura software

Il server è composto da:

- Un raspberry pi 2 model b
- una telecamera Human Vision Components (HVC)

Il client:

- un telefono con il sistema operativo android 5.0+
- 3 beacon

In questo capitolo vedremo una descrizione dettagliate del server e del client, e come interagiscono tra di loro. Vedremo ogni componente che costituisce sia il server che il client, e analizzeremo le loro funzionalità.

### 3.2.1 Il Server

Il server si occupa di rilevare i dettagli degli utenti che si trovano davanti alla telecamera e di memorizzare i dati in un database, inoltre rimane sempre in attesa che il client li chieda dei dati, e fornisce i dati al client ogni volta che quest'ultimo li richiede.

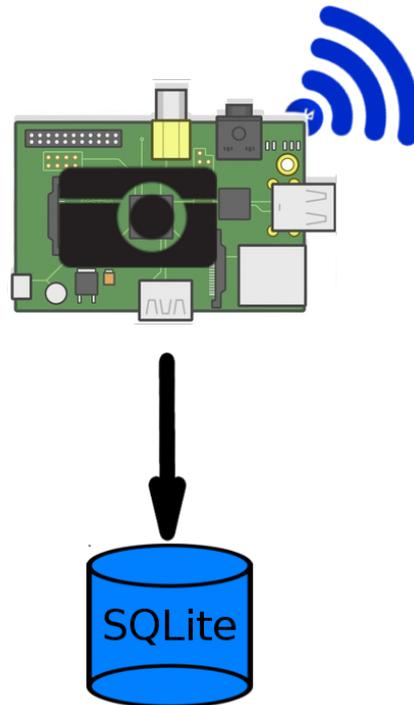


Figura 3.2: Server

Il modulo della telecamera della Human Vision Components è collegato all'interfaccia della fotocamera, del raspberry, e rileva ogni secondo i dettagli delle persone che si trovano davanti. La telecamera è in grado di profilare fino a 13 persone contemporaneamente, che stano a meno di 3 metri di distanza. Inoltre la telecamera indica:

- il numero della faccia rilevata, da 0 a 12
- il battito del occhio destro e sinistro
- la posizione e la dimensione di ogni faccia rilevata

- l'angolo di inclinazione della testa
- la direzione della testa
- la direzione degli occhi
- l'età della persona
- il sesso
- 5 stati emotivi:
  - felice
  - triste
  - sorpreso
  - arrabbiato
  - neutrale

La telecamera, indica, per ogni stato emotivo, un valore da 0 a 100.

Tutti i valori rilevati vengono salvati, ogni secondo, in un database sqlite. Ogni volta che viene inserito una nuova riga nel database, fra i valori inseriti, il raspberry pi inserisce anche il timestamp in millisecondi. Il server espone un servizio rest, grazie al server apache, dove il client può richiedere i dati memorizzati nel database tramite una chiamata in get. Il client può richiedere i dati, collegandosi alla rete creata dal raspberry pi, oppure se si trova sotto la stessa rete del raspberry pi. I dati vengono restituiti nel formato json, e il client può chiedere tutti i dati memorizzati nel server, oppure può richiedere tutti i dati a partire da un determinato timestamp. Le chiamate sono in questo formato:

- per richiedere tutti i dati: `http://IpDelServer/getData.php`
- i dati a partire da un timestamp:  
`http://IpDelServer/getData.php?lastTimestamp=timestamp`

A queste due chiamate il server risponde con gli eventuali dati in formato json.

### 3.2.2 Il Client

Il client consiste in un applicazione android, e in tre o più beacon. Il client si occupa di calcolare il posizionamento indoor del device, tramite i beacon, sfruttando la tecnica della trilaterazione. Usando almeno tre beacon per la trilaterazione del segnale, calcola se l'utente si trova davanti alla telecamera e a meno di tre metri da essa, e chiede i dati al server quando ne ha bisogno.



Figura 3.3: Client

Per utilizzare l'applicazione serve un telefono con il sistema operativo android 5.0+, poichè da quella versione in poi viene supportato il BLE in android. L'applicazione supporta entrambi i tipi di beacon, gli iBeacon della Apple e gli Eddystone beacon di Google. Appena avviata l'applicazione, attiva il bluetooth, e si mette in ascolto per rintracciare i beacon. Se intercetta il segnale BLE di un beacon, verifica se si tratta di un beacon con il protocollo iBeacon oppure se ha il protocollo Eddystone beacon.

Se ha il protocollo iBeacon memorizza i dati strettamente necessari del beacon, ovvero:

- UUID

- Major
- Minor
- Distanza

Se invece ha il protocollo Eddystone Beacon, memorizza:

- Namespace ID
- Instance ID
- Distanza

Inoltre l'applicazione deve essere connessa alla rete esposta dal raspberry pi, in questo modo può chiedere i dati. Il client, fa una richiesta in get dove può chiedere tutti i dati memorizzati nel server, oppure i dati a partire da un determinato timestamp. Il client la prima volta che si connette al server chiede tutti i dati che il server ha memorizzato nel db. Il client memorizza l'ultimo timestamp dei dati ricevuti dal server, e nelle chiamate successive chiede i dati a partire dall'ultimo timestamp che ha memorizzato, in questo modo chiede al server soltanto i dati che li servono, senza dover chiedere tutti i dati memorizzati dal server a ogni chiamata. I dati ottenuti dal server servono per profilare le persone. Tutte le persone vengono profilate in base al:

- età
- sesso
- se hanno già fatto degli acquisti prima d'ora
- se hanno ricevuto delle offerte o degli sconti prima d'ora

Inoltre, alla prima chiamata al server, il client, ottiene anche la storicità degli utenti che hanno acquistato prima d'ora, classificandoli per età, sesso, se hanno acquistato e se gli è stato offerto un buono sconto per acquistare.

Tramite l'algoritmo naive bayes, in base alle caratteristiche dei clienti che hanno acquistato prima del attuale cliente, si calcola la probabilità di acquisto del nuovo cliente. Alcune delle probabilità calcolate sono:

- Quante probabilità ci sono che l'utente acquisti l'articolo che sta osservando.
- Proponendo un buono sconto al utente, le probabilità di acquisto aumentano ?

Se la probabilità di acquisto del cliente è abbastanza alta, ovvero supera l'ottanta per cento, il sistema non propone nessuna offerta. Se invece la probabilità di acquisto dovesse essere sufficientemente alte, e quindi varia tra i 60 e gli 80 per cento, il client offre un buono sconto per incrementare le probabilità di vendita e portare all'acquisto dell'oggetto. Gli algoritmi implementati scelgono l'offerta più adatta al cliente attuale. Questo viene fatto analizzando le probabilità d'acquisto che ci sono state prima d'ora degli utenti con caratteristiche simili al utente attuale , per esempio con la stessa età, con lo stesso stato d'animo, con lo stesso sesso ecc. Se le probabilità di acquisto sono inferiori al 60 per cento, significa che il comportamento del utente è imprevedibile e quindi anche poco influenzabile, quindi il client non offre nessuna offerta in questo caso.

### 3.3 Scenario generale

Lo scenario che si va a considerare per l'utilizzo del sistema implementato è un negozio fisico o virtuale. Nella stanza dove si trova l'utente ci deve essere il raspberry pi con la telecamera, tre beacon e un device con il sistema operativo android 5.0 o superiore. In fase di progettazione si è giunto alla conclusione che utilizzare la latitudine e la longitudine per trovare la localizzazione indoor porta a un risultato non sufficientemente preciso. Si è scelto quindi di suddividere la stanza in una griglia, composta da celle (quadranti) di un metro quadro ciascuno, dove ogni cella viene identificata da una coppia di coordinate univoche (come una scacchiera). Questo serve per migliorare la precisione della localizzazione indoor con al massimo un errore di mezzo metro. Inoltre, il client può chiedere i dati al server ogni cinque secondi, se dovesse trovarsi davanti alla telecamera, e a meno di tre metri da essa. Anche questa è una scelta progettuale, in quanto 5 secondi è l'intervallo di tempo ottimale per non sovraccaricare il server di richieste. In questo modo, inoltre, viene fatto una media sui valori ricevuti, che possono essere al massimo cinque, quindi si eliminano del tutto gli errori introdotti dalla telecamera nel indovinare il sesso del cliente, e si ricava un valore più preciso per quanto riguarda l'età e gli stati d'animo.



# Capitolo 4

## Implementazione

In questo capitolo vedremo le tecnologie utilizzate dal sistema di smart retail implementato. Vedremo dei frammenti di codice, sia del server, che del client.

### 4.1 Server

Il raspberry pi 2 model b fa parte della seconda generazione dei Raspberry Pi, venduto a partire da febbraio 2015.

- Ha una CPU ARM Cortex-A7 quad-core a 900MHz, e 1 GB di ram
- Inoltre ha 2 porte usb,
- una porta HDMI,
- una porta ethernet
- un interfaccia per la fotocamera
- un interfaccia per il display
- una slot per la Micro SD card
- un processore VideoCore IV 3D

Sul raspberry pi ho installato:

- il sistema operativo raspbian 3.18.7-v7+ rrv71,
- il server apache 2.2.22
- un database sqlite
- hostapd v0.8.x

Il server web apache, mette a disposizione un servizio restful, fa quindi in modo che il client possa chiedere i dati tramite una chiamata get. A ogni richiesta del client il server risponde restituendoli i dati chiesti nel formato json. E' stato creato uno script in php che estrae tutti i dati , oppure i dati a partire da un determinato timestamp, dal database e li converte nel formato json. Ogni record è così formato:

---

```
{  
  "timeStamp": "1423206108774",  
  "faceNum": 0,  
  "faceX": 344,  
  "faceY": 143,  
  "faceSize": 182,  
  "faceYaw": -6,  
  "facePitch": 17,  
  "faceRoll": -5,  
  "age": 27,  
  "gender": 1,  
  "gazeYaw": 253,  
  "gazePitch": 253,  
  "blinkLeft": 343,  
  "blinkRight": 347,  
  "neutral": 47,  
  "happiness": 0,  
  "surprise": 2,  
  "anger": 29,  
  "sadness": 22,  
  "positive": 203,
```

```
"expression":-3  
}
```

---

Il database sqlite contiene tutti i dati rilevati dalla telecamera.

Sul raspberry, è stato installato Hostapd. Hostapd (Host access point daemon) è un software in grado di trasformare una normale interfaccia di rete in un access point e in un server di autenticazione [24]. Grazie ad Hostapd, il raspberry pi è in grado di creare un punto di accesso, al quale si collega il client, e richiede i dati memorizzati, tramite il servizio ad-hoc esposto.

Inoltre ho collegato il modulo della telecamera della OMRON all'interfaccia della fotocamera, che rileva ogni secondo i dettagli delle persone che si trovano davanti.

#### 4.1.1 La telecamera

La telecamera della Omron, chiamata HVC (Huma Vision Components), incorpora 10 algoritmi che sono in grado di distinguere e riconoscere le condizioni delle persone che si trovano davanti a essa [16]. Il dispositivo distingue i corpi degli esseri umani, le facce e visualizza i risultati trovati.

La telecamera è in grado di rilevare fino a 13 persone contemporaneamente, che stano davanti alla fotocamera a meno di 3 metri di distanza. Inoltre indica:

- il numero della faccia rilevata, da 0 a 12
- il battito del occhio destro e sinistro
- la posizione e la dimensione di ogni faccia rilevata
- l'angolo di inclinazione della testa
- la direzione della testa
- la direzione degli occhi
- l'età della persona
- il sesso

- 5 stati emotivi:
  - felice
  - triste
  - sorpreso
  - arrabbiato
  - neutrale

Lo schema del processo è il seguente:

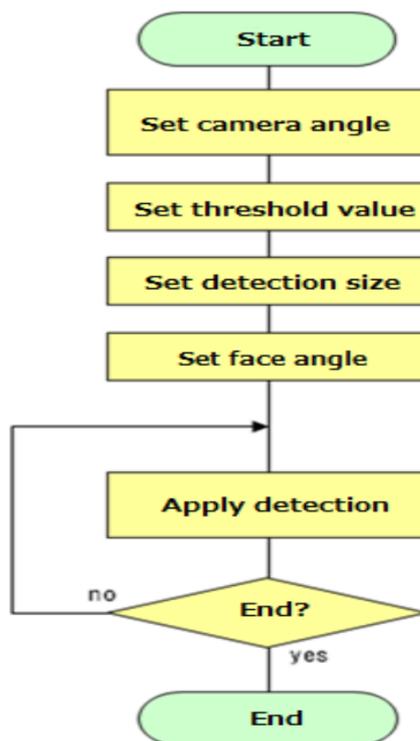


Figura 4.1: Schema di Processo della Telecamera

La telecamera, indica, per ogni stato emotivo, un valore da 0 a 100. Nel quarto capitolo si può analizzare la precisione della telecamere nel rilevare i dati degli utenti.

### 4.1.2 Il Database del Server

Il server contiene un database sqlite dove salva tutti i valori rilevati dalla telecamera. Insieme ai valori, per ogni record inserito nel db, viene aggiunto anche il timestamp, per facilitare la richiesta dei dati al client. Tutti i valori rilevati dalla telecamera vengono salvati, ogni secondo, nel database sqlite. I dati inseriti nel db crescono esponenzialmente con il passare del tempo, in otto ore di funzionamento del sistema, ci sarebbero come minimo 28800 record nel database, e al massimo 345600 record. Per evitare di inserire troppi record nel db si è scelto di creare uno script bash che fa un backup del database a ogni riavvio del raspberry , e quindi elimina tutti i record nel db dopo aver fatto il backup.

## 4.2 Client

L'applicazione è stata scritta su android studio, ed è stato usato il linguaggio di programmazione java. L'applicazione è stata scritta, per essere usato in modo ottimale, per le api 23 di android, anche se compila per le api 21.

```
android {
    compileSdkVersion 24
    buildToolsVersion "24.0.1"

    defaultConfig {
        applicationId "beacondetector.emulk.it.beacondetector"
        minSdkVersion 21
        targetSdkVersion 23
        versionCode 6
        versionName "2.0.2"
    }
    buildTypes {
        release {
            minifyEnabled false
            proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android.txt'), 'proguard-rules.pro'
        }
    }
    packagingOptions {
        exclude 'META-INF/LICENSE'
        exclude 'META-INF/NOTICE'
    }
}
```

Figura 4.2: Appi di compilazione

Appena avviata l'applicazione controlla se il bluetooth è attivo, e se non lo è lo attiva, in quanto il bluetooth deve essere attivo per ricevere il segnale dei beacon BLE:

```
/**
 * Attiva il bluetotth se non attivo
 */
```

```
public void activateBluetooth() {  
    BluetoothAdapter mBluetoothAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();  
    if (!mBluetoothAdapter.isEnabled()) {  
        mBluetoothAdapter.enable();  
        Toast.makeText(getApplicationContext(), "BlueTooth enable",  
            Toast.LENGTH_LONG).show();  
    }  
}
```

---

### 4.2.1 Activity

L'applicazione è composta da 3 activity principali:

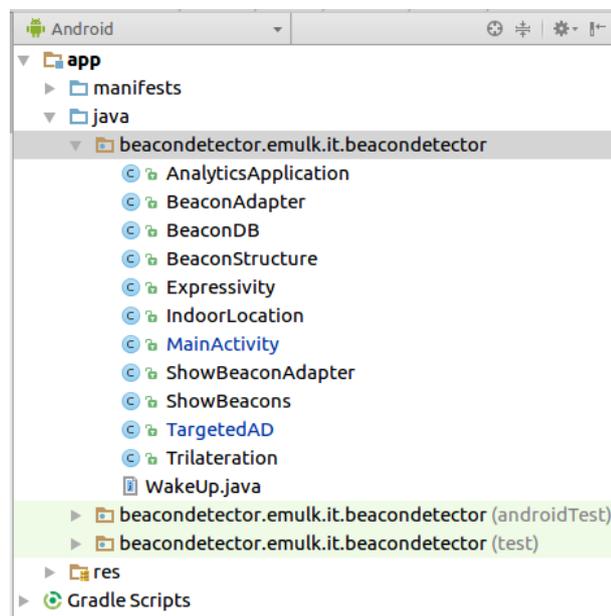


Figura 4.3: Le attività

## MainActivity

Nella main activity si possono vedere in real time tutti i beacon attivi. L'applicazione visualizza una lista, che viene aggiornata ogni secondo, dove ci sono sia gli iBeacon che gli Eddystone Beacon. I beacon rintracciati dall'applicazione vengono inseriti nel database sqlite. Visto che i beacon lavorano sulla frequenza 2,4Ghz, frequenza influenzata anche dall'acqua, quindi anche dal corpo umano, ma anche dai muri e dagli ostacoli vari, in questa activity viene usato l'accelerometro per inserire nel db i dettagli del beacon solo quando il telefono si sposta, in questo modo anche se ci sono delle interferenze e il segnale ricevuto dal beacon cambia, non viene realmente inserito nel db poichè il dispositivo non si è mosso realmente ma ci sono delle interferenze che causano attenuazione della Receiver Signal Strength (RSS).



Figura 4.4: L'activity principale

## ShowBeacon

In questa activity si possono visualizzare tutti gli ultimi beacon inseriti nel database. L'app ti dà la possibilità di vedere tutti i beacon con il protocollo iBeacon oppure i beacon con il protocollo Eddystone.

L'applicazione utilizza un database SQLite, composto da tre tabelle:

- EddystoneTable

- EddystoneURLTable
- iBeaconTable

In ogni tabella vengono inseriti i dettagli del beacon che l'applicazione intercetta. A seconda del protocollo, ce ne possono essere al massimo 100 record nelle rispettive tabelle, scelta implementativa fatta per velocizzare al massimo l'applicazione. L'utente può scegliere di visualizzare gli ultimi 100 iBeacon, gli ultimi 100 Eddystone Beacon oppure le ultime 100 URL intercettate.

### TargetedAD

In questa activity è stato implementato il client del sistema smart retail. Appena avviata l'activity controllo che il bluetooth sia attivo, e se non lo è lo attiva. In seguito viene indicato quali protocolli dei beacon può intercettare, nel nostro caso l'Eddystone-UID, l'Eddystone-URL e il protocollo iBeacon. L'applicazione si mette in ascolto e ogni 5 secondi controlla se ci sono dei beacon. Usando del segnale di almeno tre beacon, l'applicazione utilizzando la trilaterazione trova la posizione indoor del device. Se il device si trova a meno di tre metri, davanti alla telecamera, allora chiede tutti i dati che il server ha memorizzato nel db, facendo una chiamata in get. Il server risponde inviando i dati nel formato json, questi dati vengono scartati, poichè non sono i dati del utente attuale, ma il client si tiene l'ultimo timestamp in memoria. Ogni cinque secondi il client chiede i dati al server, il quale risponde con al più cinque record contenenti i dati del utente. Dei dati ricevuti viene fatto la media per eliminare gli eventuali errori della telecamera. Dopo di che si usa l'algoritmo Naive Bayes per calcolare le probabilità:

- che l'utente compri l'articolo che sta guardando.
- che l'utente compri se li viene fatta una delle offerte disponibili.

Se le probabilità che l'utente compri l'articolo si aggirano dai 60% ai 80% e se facendoli un offerta questa probabilità aumenta, allora l'applicazione propone l'offerta migliore all'utente.

## Librerie

Nell'applicazione sono state usate diverse librerie di Google:

- Google analytics: permette di monitorare l'applicazione e scoprire quando viene utilizzata, da chi viene utilizzata, e quanti utenti lo stanno utilizzando. Inoltre permette di creare filtri personalizzati per scoprire le funzionalità che vengono maggiormente usate nell'applicazione, per poterle migliorare.
- Google ads permette di pubblicare un banner pubblicitario nell'applicazione, e dà l'opportunità di guadagnare tramite la pubblicità.
- Google firebase: permette di tenere traccia della popolarità dell'applicazione, e segnala ogni eccezione o mal funzionamento che gli utenti trovano, mentre utilizzano l'app.
- AltBeacon: permette di risvegliare l'app non appena riceve il segnale da un beacon.

```
dependencies {
    compile fileTree(include: ['*.jar'], dir: 'libs')
    testCompile 'junit:junit:4.12'
    compile 'org.altbeacon:android-beacon-library:2.8.+'
    compile 'com.google.android.gms:play-services-analytics:9.4.0'
    compile 'com.google.android.gms:play-services-ads:9.4.0'
    compile 'com.google.android.gms:play-services-appindexing:9.4.0'
    compile 'com.google.firebase:firebase-ads:9.0.2'
    compile 'com.firebase:firebase-client-android:2.3.1'

    compile 'com.android.support:appcompat-v7:24.2.1'
    compile 'com.android.support:design:24.2.1'
}
```

Figura 4.5: Librerie usate nell'App

### 4.2.2 I Beacon

I beacon devono essere almeno tre, per poter utilizzare la tecnica di trilaterazione, per la localizzazione indoor del dispositivo mobile. I beacon possono avere il protocollo iBeacon o Eddystone Beacon. Prima di utilizzarli i beacon vanno calibrati, in questo modo sono più precisi. La calibrazione del beacon avviene campionando le misurazione del segnale RSSI. Si tiene il beacon a un metro di distanza dal telefono per almeno

20 secondi, passato il tempo l'applicazione ti indica un valore numerico. Questo valore è il livello della potenza del segnale a un metro, e andrà a sostituire il vecchio livello della potenza del beacon. Prima di iniziare a intercettare i beacon, l'applicazione deve essere istruita su quali tipi di beacon deve intercettare e l'intervallo di tempo che può stare attiva. Questi parametri devono essere scelti con cura, per ottimizzare il risparmio energetico del device mobile.

---

```

/**
 *
 */
public void startBeaconListener() {
    mBeaconManager =
        BeaconManager.getInstanceForApplication(this.getApplicationContext());
    // Rileva il protocollo Eddystone-UID:
    mBeaconManager.getBeaconParsers().add(new BeaconParser().
        setBeaconLayout("s:0-1=feaa,m:2-2=00,p:3-3:-41,i:4-13,i:14-19"));
    // Rileva il protocollo Eddystone TLM:
    mBeaconManager.getBeaconParsers().add(new BeaconParser().
        setBeaconLayout("x,s:0-1=feaa,m:2-2=20,d:3-3,d:4-5,d:6-7,d:8-11,d:12-15"));
    // rileva il protocollo Eddystone URL :
    mBeaconManager.getBeaconParsers().add(new BeaconParser().
        setBeaconLayout("s:0-1=feaa,m:2-2=10,p:3-3:-41,i:4-21v"));
    //rileva il protocollo iBeacon
    mBeaconManager.getBeaconParsers().add(new BeaconParser().
        setBeaconLayout("m:2-3=0215,i:4-19,i:20-21,i:22-23,p:24-24"));
    mBeaconManager.setBackgroundBetweenScanPeriod(30001);
    mBeaconManager.setForegroundBetweenScanPeriod(30001);
    mBeaconManager.setBackgroundScanPeriod(10001);
    mBeaconManager.setForegroundScanPeriod(10001);
    mBeaconManager.bind(this);
}

```

---

### 4.2.3 Beacon Emitter

È stato creato uno script python, il quale simula il comportamento di un beacon con il protocollo iBeacon. È stato creato per sostituire i beacon qualora questi dovessero essere scarichi o inutilizzabili. Lo script, se viene lanciato senza nessun tipo di parametro, genera automaticamente un UUID, un numero intero Major che va da 0-65535, un numero intero Minor che va da 0-65535, e un intero power che va da 150 - 255 che indica la potenza del segnale, e broadcasta ogni secondo l'UUID generato sfruttando una periferica bluetooth 4.0, altrimenti si possono inserire i parametri desiderati al lancio dello script. Lo script deve essere lanciato con i permessi di super user da un sistema operativo Linux.

### 4.2.4 Trilateration

L'applicazione ti permette di localizzare il dispositivo mobile, partendo da tre beacon, usando l'algoritmo di Trilaterazione. In geometria, la trilaterazione è il processo di determinare la posizione assoluta o relativa dei punti misurando la loro distanza, usando la geometria dei cerchi, delle sfere e dei triangoli [8]. Oltre alla geometria, la trilaterazione ha rilievo pratico anche nell'informatica, ovvero nel sistema di posizionamento globale (GPS). A differenza della triangolazione, la trilaterazione non ha bisogno della misura degli angoli. Partendo dal funzionamento della localizzazione tramite GPS, ho semplificato il problema per implementare la localizzazione indoor. Inanzi tutto ho deciso di non usare la geolocalizzazione, per localizzare ogni beacon tramite la longitudine e la latitudine, ma partendo da una stanza, si è divisa la stanza in quadrati, ognuno grande un metro quadro, e ad ogni beacon vengono assegnate le rispettive coordinate, in questo modo si riduce l'errore, avendo come risultato le coordinate del device con un margine di errore di al massimo mezzo metro. Avendo tre beacon, posizionati all'interno della stanza, in posizioni note a priori, e ricavando la distanza tramite il RSS (related signal strength), si procede a trovare la posizione del device all'interno della stanza, come:

### 4.2.5 Naive Bayes

Nell'applicazione è stato implementato l'algoritmo Naive Bayes, che in base alle caratteristiche degli utenti che hanno acquistato prima del attuale cliente, calcola la

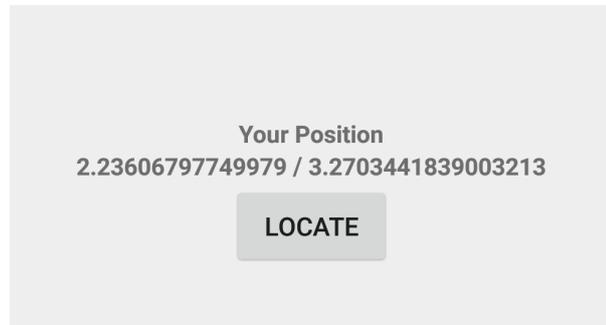


Figura 4.6: Trilateration

$$x = \frac{r_1^2 - r_2^2 + d^2}{2d}$$

$$y = \frac{r_1^2 - r_3^2 - x^2 + (x - i)^2 + j^2}{2j} = \frac{r_1^2 - r_3^2 + i^2 + j^2}{2j} - \frac{i}{j}x.$$

Figura 4.7: Trilateration X,Y

probabilità di acquisto del nuovo cliente.

L'algoritmo Naive Bayes è un classificatore probabilistico, che applica il teorema di Bayes, con una forte assunzione di indipendenza tra i valori [12]. Il classificatore Naive Bayes utilizza una tecnica statistica con la quale si cerca di stimare la probabilità di un'istanza di appartenere ad una certa classe.

# Capitolo 5

## Valutazione di prestazioni

Abbiamo sottoposto alla profilazione della telecamera 10 utenti, 5 uomini e 5 donne, di età diverse. Abbiamo chiesto a ogni utente di rimanere davanti alla telecamera e di cambiare espressione ogni 60 secondi. Con i dati rilevati abbiamo, calcolato l'accuratezza della telecamera.

In questo capitolo vedremo i risultati ottenuti. Analizzeremo la precisione della telecamera a rilevare l'età e il sesso degli utenti che si sono posti all'esperimento. Inoltre vedremo anche la precisione del algoritmo Naive Bayes.

### 5.1 Precisione della Telecamera

Abbiamo fatto diversi esperimenti per calcolare la precisione della telecamera. Abbiamo analizzato dieci utenti, 5 donne e 5 uomini, di età diverse. L'età delle persone variava dai 22 ai 55 anni. Di ognuno abbiamo memorizzato 240 record, ovvero ogni persona è stata davanti alla telecamera per 240 secondi, e la telecamera ha profilato l'utente ogni secondo, memorizzando i dati nel database in questo formato:

---

```
{  
  "timeStamp": "1423206108774",  
  "faceNum": 0,  
  "faceX": 344,  
  "faceY": 143,
```

```
"faceSize":182,  
"faceYaw":-6,  
"facePitch":17,  
"faceRoll":-5,  
"age":27,  
"gender":1,  
"gazeYaw":253,  
"gazePitch":253,  
"blinkLeft":343,  
"blinkRight":347,  
"neutral":47,  
"happiness":0,  
"surprise":2,  
"anger":29,  
"sadness":22,  
"positive":203,  
"expression":-3  
}
```

---

È stato chiesto a ogni utente di cambiare espressione ogni 60 secondi, partendo con un'espressione neutrale, per poi fare un'espressione felice, triste ed infine sorpresa.

### 5.1.1 Precisione sul Sesso

Su tutti i dati raccolti, siamo andati a vedere quanto era precisa la telecamera nel rilevare il sesso di ogni persona sottoposto alla profilazione.

La percentuale di precisione è sempre sopra il 92%, abbiamo comunque notato che nelle donne la precisione sul rilevamento del sesso è sempre del 100%, ovvero la telecamera non sbaglia mai nel indicare il sesso di una donna. È meno precisa negli uomini con la barba, in particolare, più si ha la barba lunga e più la telecamera è imprecisa. In ogni caso l'errore di precisione sulla rilevazione del sesso negli uomini con la barba è molto basso, e quindi accettabile, visto che non si scende mai al di sotto del 92% di precisione.

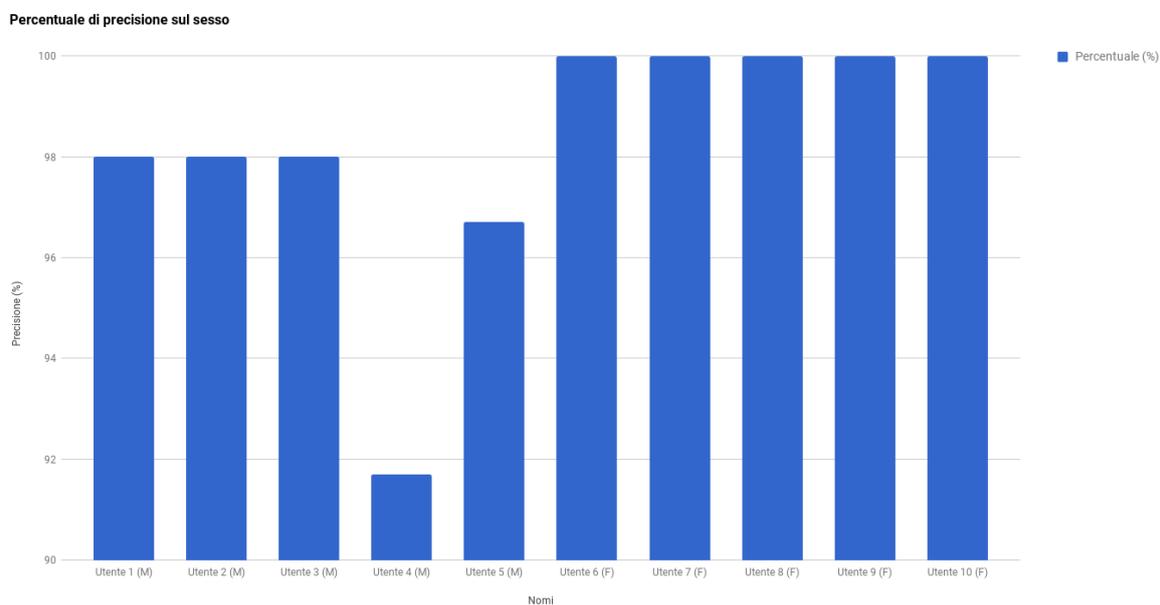


Figura 5.1: Precisione Sesso

### 5.1.2 Precisione Età

Nel seguente grafico vediamo la precisione della telecamera nel rilevare l'età di ogni utente. Anche in questo caso la telecamera è molto precisa, più precisamente soltanto in due casi sbaglia a rilevare l'età della persona con più di dieci anni d'errore.

Anche in questo caso i due soggetti in questione avevano la barba lunga, e questo fa sì che la telecamera sia imprecisa.

In un caso è stato rilevata l'età del utente senza errori, e negli altri utenti, c'è un margine d'errore che va da un anno fino a 8 anni di errore.

Un errore così basso è accettabile, visto che anche gli esseri umani a occhio non riescono a essere più precisi.

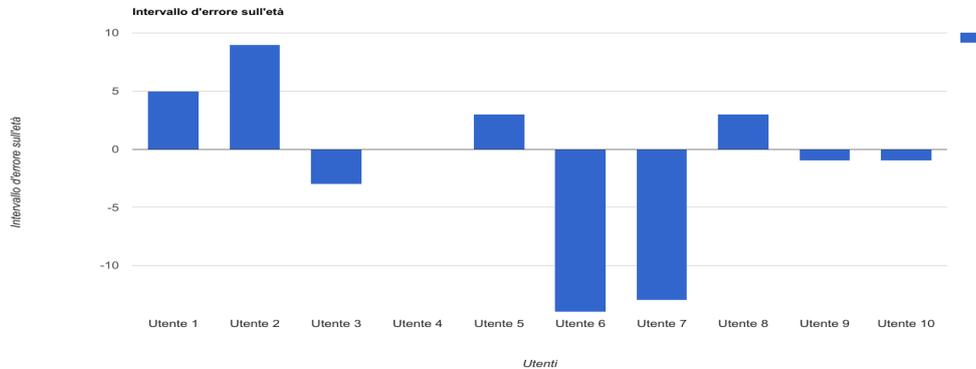


Figura 5.2: Precisione Età

## 5.2 Training set

Per calcolare la percentuale di precisione del classificatore, nel proporre l'offerta migliore al cliente, abbiamo creato un training set. Il training set è composto da 300 righe, dove ogni riga indica un cliente differente.

Ci siamo posti 13 domande per calcolare le offerte per ogni utente. Le offerte fatte ai clienti, consistono in un numero intero da 0 a 4:

- offerta 0 : al cliente non è stata offerto nessuno sconto
- offerta 1 : al cliente è stato offerto uno sconto del 10%
- offerta 2 : al cliente è stato offerto uno sconto del 20%
- offerta 3 : al cliente è stato offerto uno sconto del 30%

Le domande sono le seguenti:

- Se ha tra i 30 e i 45 anni ed un uomo felice = offerta 1
- se è un uomo tra i 28 e i 33 anni ed triste = offerta 2
- se è un uomo tra i 40-45 ed è triste = offerta 1-3

- se è un uomo tra i 45-55 ed è felice = offerta 3
- se è un uomo tra i 45-55 ed è triste = offerta 2
- se è un uomo tra i 20-30 ed è felice = offerta 1
- se è un uomo tra i 20-30 ed è triste = offerta 0
- se è un uomo 55- in su ed è felice = offerta 3
- se è un uomo 55- in su ed è triste = offerta 0
- se ha tra i 25 e i 35 anni, ed è una donna felice = offerta 3
- se donna tra i 20-25 ed è triste = offerta 1
- se donna tra i 35-45 ed è felice = offerta 1
- se donna tra i 35-45 ed è triste = offerta 2

Sulla base di queste domande abbiamo riempito la colonna delle offerte, a seconda delle caratteristiche del cliente. Se un utente dovesse ricevere più offerte, viene presa in considerazione soltanto l'offerta più popolare. Gli altri dati sono stati presi dagli utenti sottoposti alla profilazione, e quindi sono dati reali.

Abbiamo quindi utilizzato l'algoritmo Naive Bayes per classificare le offerte. Questo esperimento è stato ripetuto 5 volte.

Il seguente grafico mostra i risultati ottenuti.

Al primo esperimento fatto sulla classificazione degli uomini, il risultato ottenuto raggiunge il 63% di precisione, mentre nelle donne arriva al 43% di precisione, con una media del 53%. Al secondo esperimento, si ottiene il 77% negli uomini e il 47% di precisione nelle donne, con una media del 62% di precisione. Al terzo esperimento, abbiamo ottenuto il 50% di precisione negli uomini e il 60% nelle donne. Al quarto esperimento abbiamo ottenuto il 60% di precisione negli uomini e il 40% di precisione nelle donne. Al quinto esperimento abbiamo ottenuto lo stesso percentuale di precisione in entrambi i sessi, ovvero il 35%.

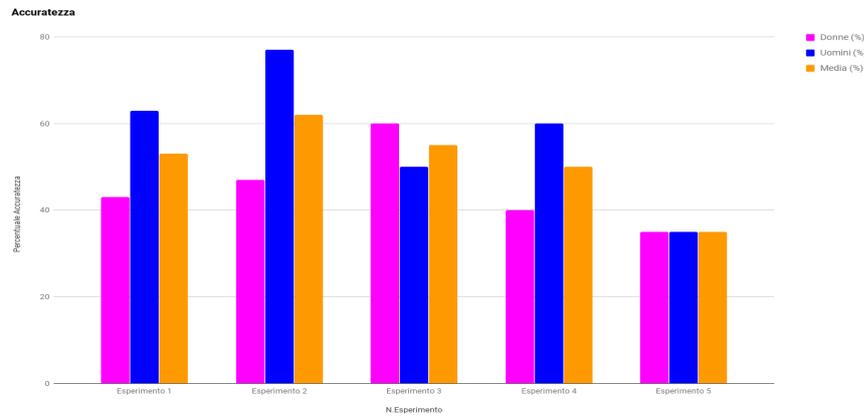


Figura 5.3: Accuratezza del algoritmo di classificazione

### 5.2.1 Weka

In seguito abbiamo sottoposto lo stesso training set a diversi algoritmi di classificazione, utilizzando il software Weka. Weka è un software scritto in java, che raccoglie diversi algoritmi di machine learning per fare data mining [11].

Abbiamo sottoposto il nostro training set a diversi algoritmi di classificazione, e i risultati ottenuti si possono vedere nel grafico sottostante.

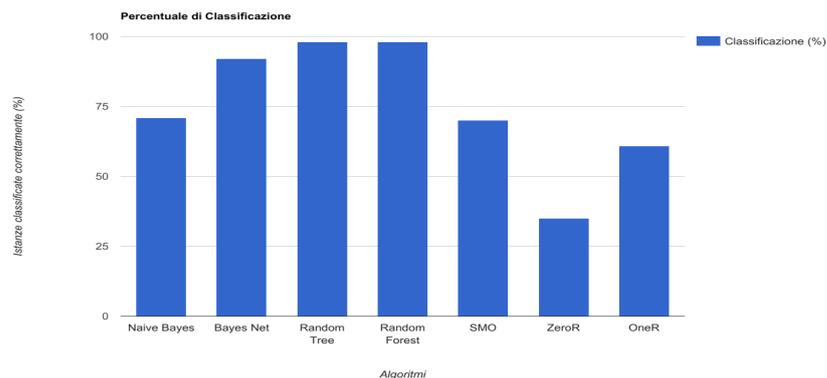


Figura 5.4: Algoritmi di classificazione

Per ogni algoritmo, viene indicata la percentuale delle istanze classificate corretta-

---

mente. Come si può notare dal grafico gli algoritmi Random Tree e Random Forest sono i due algoritmi che hanno una maggiore percentuale di successo nel classificare correttamente le istanze, riescono a raggiungere il 98% di precisione. L'algoritmo Naive Bayes raggiunge il 71% di precisione. L'algoritmo meno preciso è il ZeroR, che arriva soltanto al 35% di precisione.



# Conclusioni

Questa tesi descrive la progettazione e l'implementazione di un nuovo ed innovativo sistema di smart retail. Il sistema è composto da un raspberry pi 2 model b, una telecamera HVC (Human Vision Components), un device mobile android e almeno tre beacon. Questo sistema migliora l'esperienza di shopping dei clienti, inoltre è vantaggioso anche per i commercianti in quanto migliora la gestione del negozio e diminuisce i costi aziendali. Questo sistema è stato progettato per essere utilizzato in una qualsiasi attività commerciale fisica o virtuale. In particolare, questo sistema, cerca di sostituirsi alla figura del commesso, migliorando l'esperienza offerta da quest'ultimo, e lo fa analizzando le caratteristiche e le espressioni facciali dei clienti come l'età, il sesso, se il cliente è felice, ecc. Vengono utilizzati algoritmi di classificazione per calcolare la percentuale di acquisto del cliente, tenendo conto anche delle caratteristiche dei clienti che hanno acquistato in passato, e il sistema propone delle eventuali offerte, qualora queste dovessero portare all'acquisto. In conclusione, il sistema progettato ed implementato è pronto per essere testato in un ambiente reale. Testarlo in un ambiente reale significherebbe non simulare più i dati di acquisto dei clienti, e con dei dati reali, il sistema dovrebbe essere più preciso e performante. Lo sviluppo di questo progetto mi ha permesso di approfondire le conoscenze riguardanti l'IoT, Smart Retail e localizzazione indoor.

Possibili sviluppi futuri, per migliorare il sistema di smart retail, potrebbero essere:

- Aggiungere un assistente vocale all'interno del applicazione android, ad esempio alexa. Questa significherebbe avere sempre a disposizione un assistente che ti consiglia cosa comprare e ti aiuta nelle decisioni di acquisto interagendo con te.
- Aggiungere una modalità di pagamento in app, per completare il processo di acquisto, e aggiungere la possibilità di farti arrivare l'acquisto direttamente a casa

tramite un corriere.

- Ampliare lo sfruttamento dei beacon BLE, per fare pubblicità o annunciare i saldi sul articolo preferito a chi entra nel range dei beacon, quindi fino a 100 metri di distanza.
- Creare un applicazione anche per iOS.
- Aumentare il numero delle offerte.
- Testarlo in un ambiente reale.

# Appendice A

## Appendice

In questa appendice proponiamo tutti i grafici generati dalla profilazione dei dieci utenti. I primi cinque utenti sono tutti uomini, di età differenti. In ogni sezione sono indicati anche l'età reale e il sesso della persona, che vengono successivamente confrontati con i dati rilevati dalla telecamera. Gli ultimi 5 utenti sono tutte donne. Si può notare che nelle donne l'età rilevata solitamente è più bassa dell'età reale. Poiché le donne sono più fotogeniche, e curano meglio l'aspetto rispetto gli uomini, questa cosa si può notare anche nel mondo reale, quando si cerca di stimare l'età di una donna a occhio.

### A.1 Utente 1

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 27 anni
- sesso: maschile

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 30 anni, l'età reale del utente di 27 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 3 anni.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 97 per cento.

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La

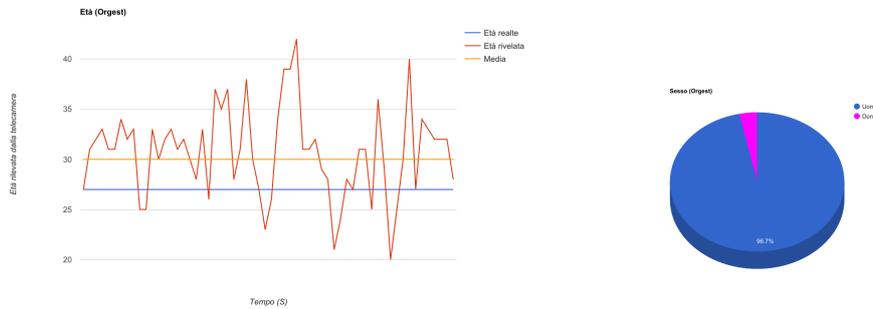


Figura A.1: Età e Sesso Utente 1

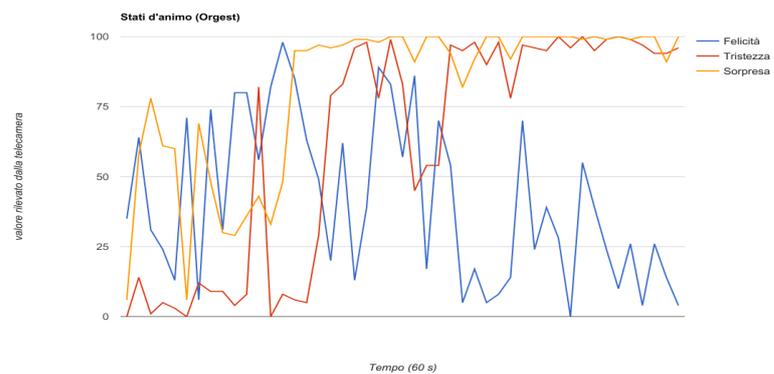


Figura A.2: Stati d'animo Utente 1

linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

## A.2 Utente 2

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 26 anni
- sesso: maschile

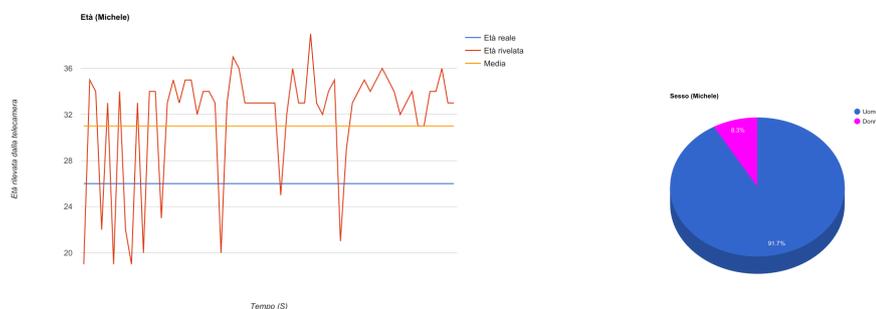


Figura A.3: Età e Sesso Utente 2

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 31 anni, l'età reale del utente di 26 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 5 anni. L'utente in questione aveva la barba lunga, e ci siamo accorti che la barba negli uomini rende la telecamera più imprecisa.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 92 per cento.

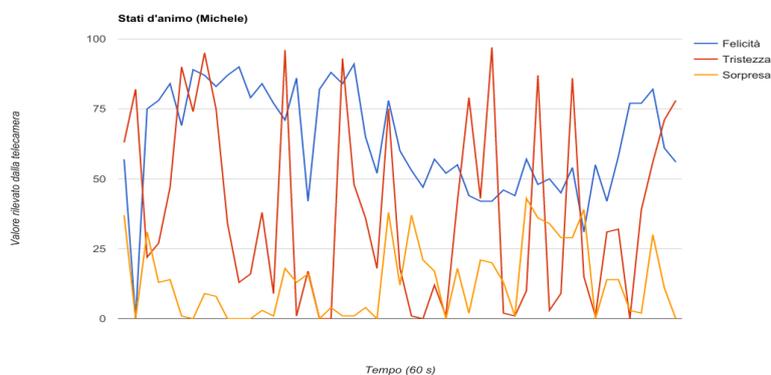


Figura A.4: Stati d'animo Utente 2

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

### A.3 Utente 3

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Et : 31 anni
- sesso: maschile

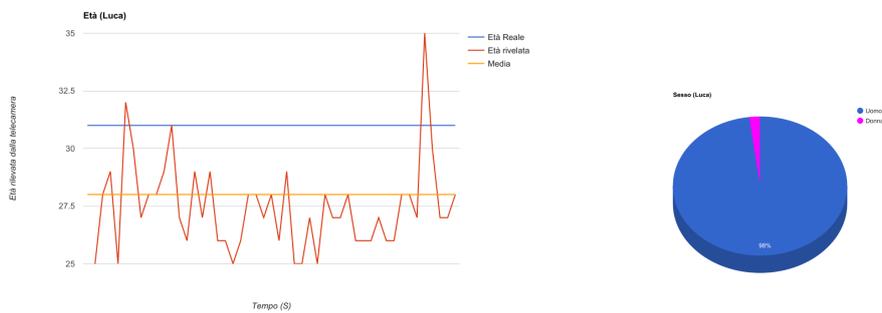


Figura A.5: Et  e Sesso Utente 3

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 28 anni, l'et  reale del utente di 31 anni, la telecamera ha rilevato l'et  con un errore di 3 anni.

Il sesso   stato rilevato con una precisione del 98 per cento.

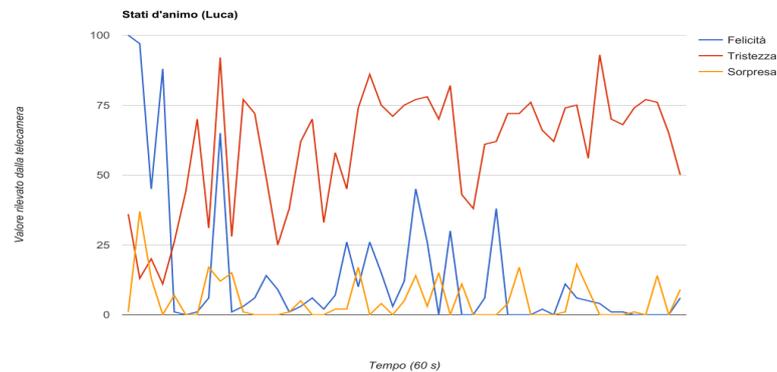


Figura A.6: Stati d'animo Utente 3

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

## A.4 Utente 4

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 32 anni
- sesso: maschile

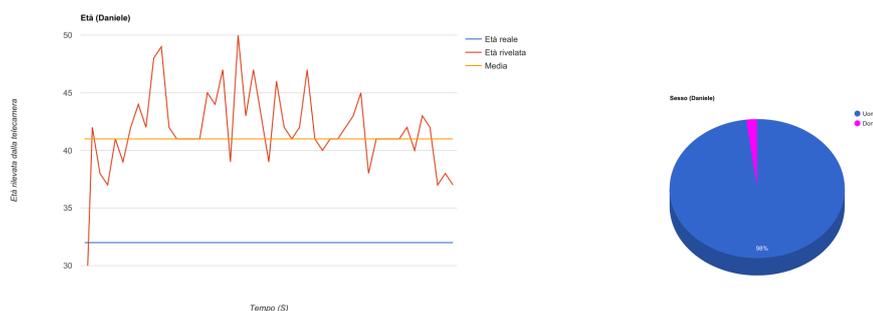


Figura A.7: Età e Sesso Utente 4

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 41 anni, l'età reale del utente di 32 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 9 anni. L'utente in questione aveva la barba lunga, e ci siamo accorti che la barba negli uomini rende la telecamera più imprecisa.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 98 per cento.

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

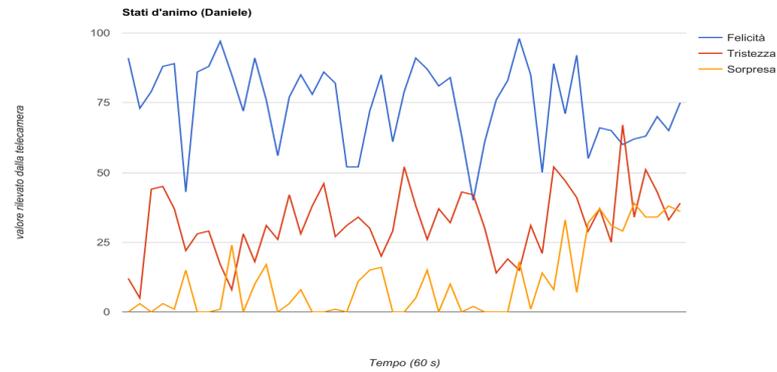


Figura A.8: Stati d'animo Utente 4

## A.5 Utente 5

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 49 anni
- sesso: maschile

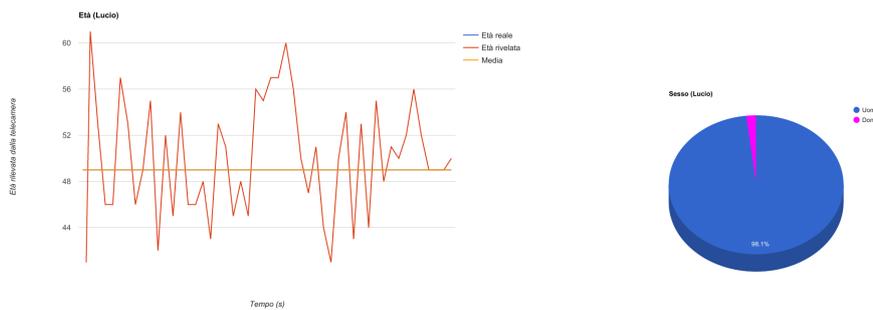


Figura A.9: Età e Sesso Utente 5

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 49 anni, l'età reale del utente di 49 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 0 anni.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 98 per cento.

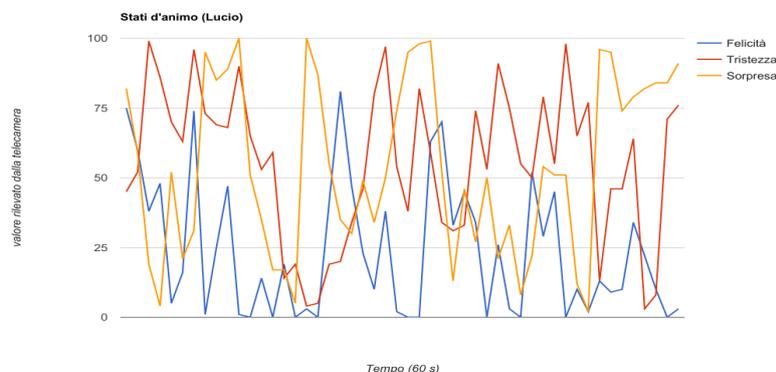


Figura A.10: Stati d'animo Utente 5

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

## A.6 Utente 6

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 41 anni
- sesso: femminile

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 41 anni, l'età reale del utente di 27 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 14 anni.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 100 per cento.

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

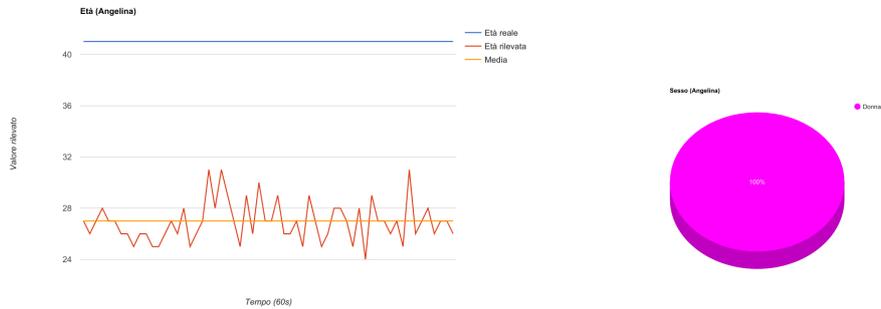


Figura A.11: Età e Sesso Utente 6

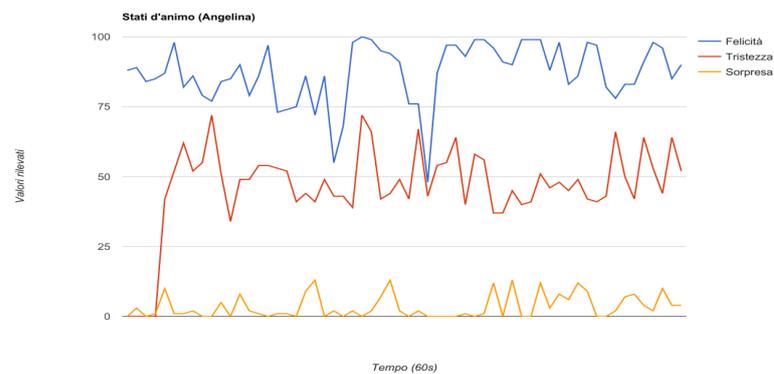


Figura A.12: Stati d'animo Utente 6

## A.7 Utente 7

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 47 anni
- sesso: femminile

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 47 anni, l'età reale del utente di 35 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 12 anni.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 100 percento.

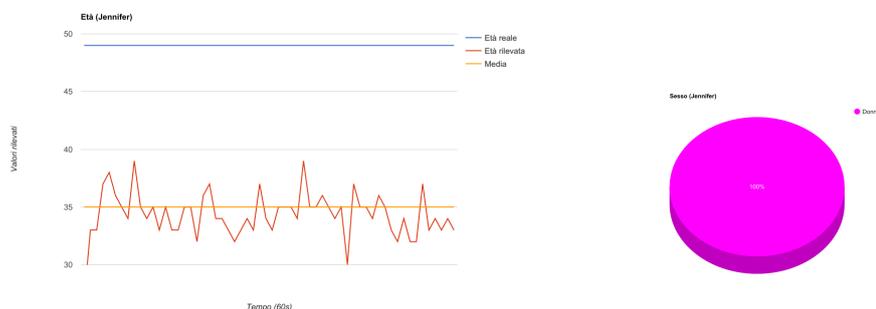


Figura A.13: Età e Sesso Utente 7

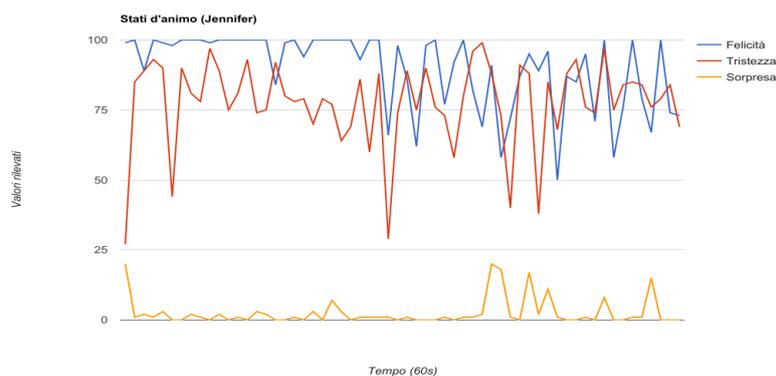


Figura A.14: Stati d'animo Utente 7

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

## A.8 Utente 8

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 31 anni

- sesso: femminile

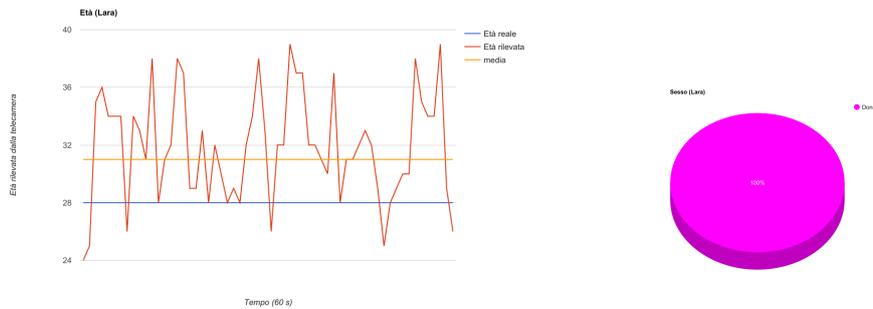


Figura A.15: Età e Sesso Utente 8

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 31 anni, l'età reale del utente di 27 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 4 anni.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 100 percento.

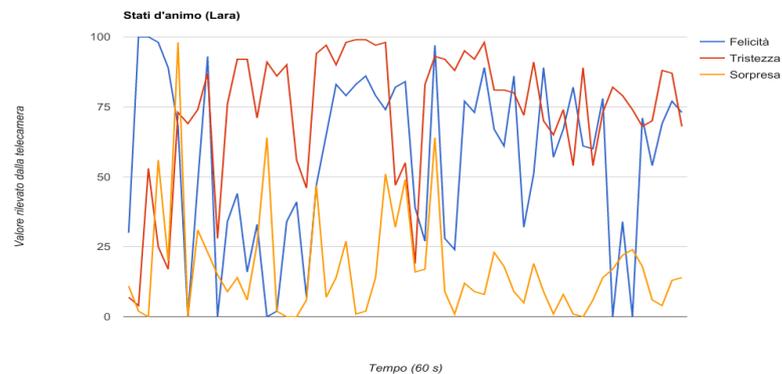


Figura A.16: Stati d'animo Utente 8

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

## A.9 Utente 9

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Et : 29 anni
- sesso: femminile

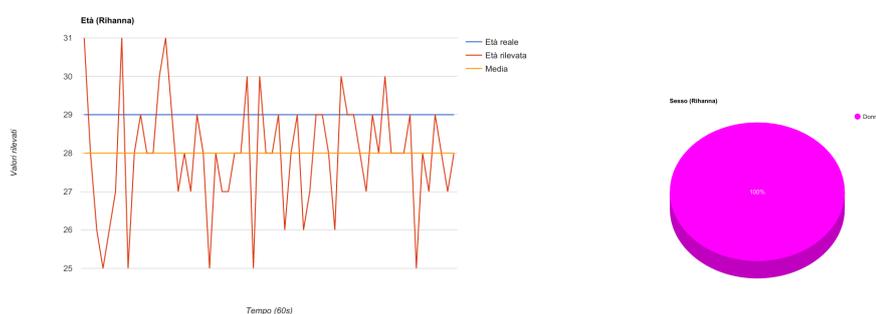


Figura A.17: Et  e Sesso Utente 9

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 29 anni, l'et  reale del utente di 28 anni, la telecamera ha rilevato l'et  con un errore di 4 anni.

Il sesso   stato rilevato con una precisione del 100 percento.

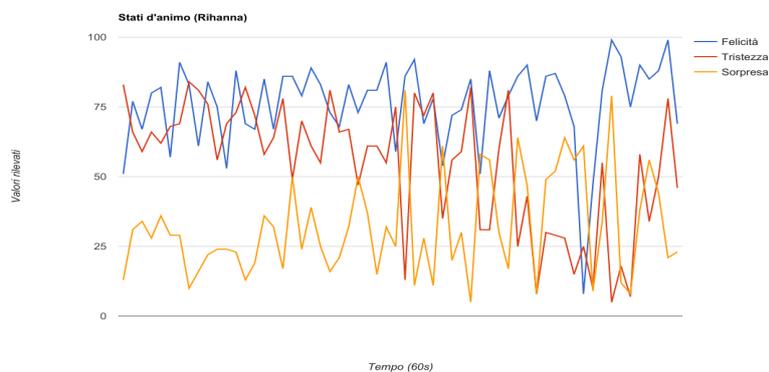


Figura A.18: Stati d'animo Utente 9

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

## A.10 Utente 10

L'utente profilato ha le seguenti caratteristiche:

- Età: 31 anni
- sesso: femminile

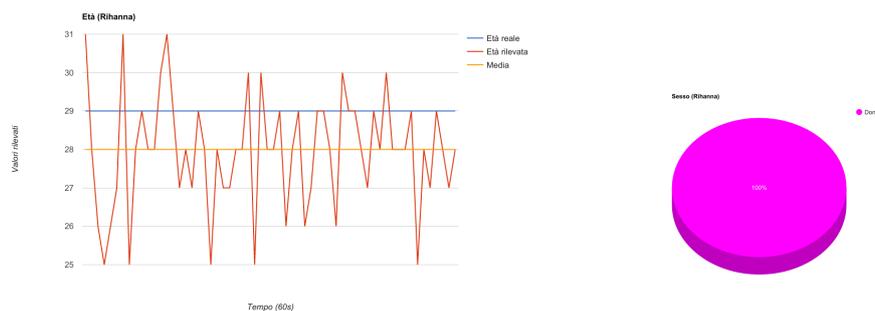


Figura A.19: Età e Sesso Utente 10

La media dei valori rilevati dalla telecamera, indica che l'utente ha 31 anni, l'età reale del utente di 30 anni, la telecamera ha rilevato l'età con un errore di 4 anni.

Il sesso è stato rilevato con una precisione del 100 percento.

Nel grafico di sopra possiamo vedere i tre stati d'animo del utente. L'utente è stato monitorato per 60 secondi, dopo di che gli è stato chiesto di cambiare espressione. La linea blu rappresenta la faccia felice del utente, quella rossa la faccia triste e infine la gialla la faccia sorpresa.

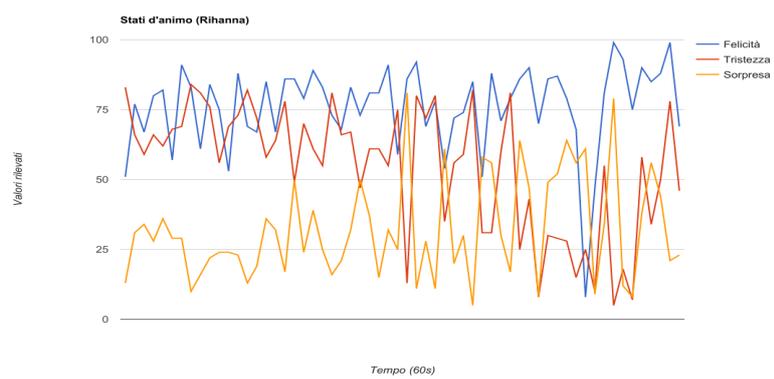


Figura A.20: Stati d'animo Utente 10



# Bibliografia

- [1] Keerthana M, Ashika Parveen S, *INTERNET OF THINGS*, International Journal of Advanced Research Methodology in Engineering and Technology, Volume 1, Issue 2, March 2017.
- [2] SIG, *Specification of the bluetooth System*, Bluetooth, 30 Giugno 2010.
- [3] Carles Gomez , Joaquim Oller, Josep Paradells , *Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology*, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 29 August 2012.
- [4] Bianca DEORDICA, Marian ALEXANDRU, *ADVERTISEMENT USING BLUETOOTH LOW ENERGY*, Transilvania University, Brasov, Romania, 2014.
- [5] Jingjing Yang, Zhihui Wang, Xiao Zhang, *An iBeacon-based Indoor Positioning Systems for Hospitals*, School of Information Science and Engineering, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei, China, 2015.
- [6] Apple Corp, *Getting Started with iBeacon*, <https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>, 27 Maggio 2017.
- [7] Google, *Specification for Eddystone, an open beacon format from Google*, <https://github.com/google/edystone>, 27 Maggio 2016.
- [8] Wikipedia, *Trilateration*, <https://en.wikipedia.org/wiki/Trilateration>, 27 Maggio 2017.

- 
- [9] Constantinos-Vasilios Priporas, Nikolaos Stylos, Anestis K. Fotiadis *Generation Z consumers' expectations of interactions in smart retailing: A future agenda*, Department of Marketing, Branding Tourism, Middlesex University Business School, London, UK.
- [10] Sanjit Kumar Roy, M S Balaji, Saalem Sadeque, Bang Nguyen , T C Melewar , *Constituents and consequences of smart customer experience in retailing*, The University of Western Australia (M263), Nottingham University Business School China.
- [11] Weka, *Weka*, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>, 27 Maggio 2017.
- [12] I.Rish, *An empirical study of the naive Bayes classifier*, T.J.WatsonResearchCenter.
- [13] Wikipedia, *Naive Bayes*, <https://en.wikipedia.org/wiki/NaiveBayesclassifier>, 28 Maggio 2017.
- [14] *AltBeacon*, <https://github.com/AltBeacon/spec>, 28 Maggio 2017.
- [15] Dave Evans *The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything*, <https://www.cisco.com/c/dam/enus/about/ac79/docs/innov/IoTIBSG0411FINAL.pdf>, Aprile 2011.
- [16] Omron *Human Vision Components (HVC)*, <https://www.omron.com>, Aprile 2017.
- [17] Wikipedia *Generation Z*, <https://en.wikipedia.org/wiki/GenerationZ>, Maggio 2017.
- [18] gitHub *Eddystone*, <https://github.com/google/eddystone>, Maggio 2017.
- [19] The Economist *Living in a see through world*, <http://www.economist.com/node/17416748>, 04 Novembre 2017.
- [20] Ala Al-Fuqaha, Mohsen Guizani, Mehdi Mohammadi, Mohammed Aledhari, Moussa Ayyash *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*, IEEE COMMUNICATION SURVEYS And TUTORIALS, 2015.
- [21] Imed Romdhani, D. Tandjaoui *Architecting the Internet of Things: State of the Art*, 2015.

- 
- [22] Wikipedia *Bluetooth low energy beacon*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetoothlowenergybeacon](https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth_low_energy_beacon), maggio 2017.
- [23] Amazon *Style Check*, <http://www.stylechecked.com>, maggio 2017.
- [24] Gentoo *Hostapd*, <https://www.wiki.gentoo.org/wiki/Hostapd>, maggio 2017.
- [25] Jingjing Yang, Zihui Wang, Xiao Zhang *An iBeacon-based Indoor Positioning Systems for Hospitals*, School of Information Science and Engineering, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei, China, 2015.



# Ringraziamenti

Ringrazio tutte le persone che mi sono state vicine, che mi hanno aiutato e sostenuto durante questi anni. Ringrazio inoltre tutti i miei amici che mi hanno accompagnato in questa esperienza. Desidero ringraziare soprattutto, Mendy, Tomy e Desiree, ringrazio questi esseri speciali per essere entrati nella mia vita.