

UNIVERSITÀ DI PISA



Dipartimento di Informatica
Corso di Laurea Triennale in Informatica

Geolocalizzazione Indoor Basata su Beacon Bluetooth a Bassa Potenza: Metodi e Modelli del Deep Learning

un progetto realizzato per Consorzio Metis e ASL Toscana

Relatori:
Prof. Gianluigi Ferrari

Presentata da:
Marco Pampaloni

Sessione Estiva
Anno Accademico 2019/2020

Indice

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Introduzione | 1 |
| 2 | Geolocalizzazione Indoor | 2 |
| 2.1 | Introduzione al problema | 2 |
| 2.2 | Possibili soluzioni | 2 |
| 2.3 | Beacon BLE | 2 |
| 2.4 | RSSI e propagazione del segnale | 2 |
| 2.5 | Variabilità e rumore di fondo: requisiti di usabilità | 2 |
| 3 | Deep Learning | 3 |
| 3.1 | Neurone Artificiale: Perceptron | 4 |
| 3.2 | Multi Layer Perceptron | 4 |
| 3.3 | Attivazione: ReLU e Funzioni Sigmoidee | 4 |
| 3.4 | Apprendimento: Metodo del Gradiente e BackPropagation | 4 |
| 3.5 | Reti Neurali Convoluzionali | 4 |
| 3.6 | Regolarizzazione | 4 |
| 3.6.1 | Overfitting e Underfitting | 4 |
| 3.6.2 | Regolarizzazione L2 | 4 |
| 3.6.3 | Dropout | 4 |
| 3.7 | Dataset Augmentation e Preprocessing | 4 |
| 3.7.1 | Jittering | 4 |
| 3.7.2 | Ridimensionamento (Scaling) | 4 |
| 3.7.3 | Magnitude Warping | 4 |

| | | |
|----------|--|----------|
| 3.7.4 | Permutazione di Sottoinsiemi (Subset Shuffling) | 4 |
| 3.7.5 | Deattivazione Selettiva | 4 |
| 4 | Architettura Software | 5 |
| 4.1 | TensorFlow | 6 |
| 4.2 | Keras | 6 |
| 4.3 | Google Colab | 6 |
| 4.4 | Weights & Biases | 6 |
| 4.5 | Modello di Apprendimento | 6 |
| 4.5.1 | Input del modello | 6 |
| 4.5.2 | Blocco Convoluzionale | 6 |
| 4.5.3 | Uso della Bussola e Output Ausiliario | 6 |
| 4.5.4 | Coefficiente di Memoria Residua e Input Ausiliario | 6 |
| 4.5.5 | Output del modello | 6 |
| 4.6 | Addestramento del Modello | 6 |
| 4.7 | Ensembling | 6 |
| 4.8 | Compilazione e Deploy del modello | 6 |
| 5 | Applicazione Mobile | 7 |
| 5.1 | Flutter | 7 |
| 5.2 | Planimetrie e Poligoni | 7 |
| 5.3 | Backend TensorFlow | 7 |
| 5.3.1 | TensorFlow Lite | 7 |
| 5.3.2 | Implementazione del Bridge di Comunicazione | 7 |
| 5.4 | Stabilizzazione del modello | 7 |
| 5.4.1 | Utilizzo dell'Accelerometro | 7 |
| 5.4.2 | Filtro di Kalman | 7 |
| 6 | Conclusioni | 8 |
| 6.1 | Risultati Sperimentali | 8 |
| 6.1.1 | Metriche di Errore: MSE, MAE, MaxAE | 8 |

| | | |
|-------|--|---|
| 6.2 | Lavori futuri | 8 |
| 6.2.1 | Input a Lunghezza Variabile | 8 |
| 6.2.2 | Reti Neurali Residuali | 8 |
| 6.2.3 | Variational Autoencoder: Generazione di nuovi dati | 8 |
| 6.2.4 | Transfer Learning | 8 |
| 6.2.5 | Input Masking e Ricostruzione dei Segnali | 8 |
| 6.2.6 | Transformers per Problemi di Regressione | 8 |
| 6.2.7 | Simulatore BLE | 8 |

Sommario

Capitolo 1

Introduzione

Capitolo 2

Geolocalizzazione Indoor

2.1 Introduzione al problema

2.2 Possibili soluzioni

2.3 Beacon BLE

2.4 RSSI e propagazione del segnale

2.5 Variabilità e rumore di fondo: requisiti di usabilità

Capitolo 3

Deep Learning

3.1 Neurone Artificiale: Perceptron

3.2 Multi Layer Perceptron

3.3 Attivazione: ReLU e Funzioni Sigmoidi

3.4 Apprendimento: Metodo del Gradiente e BackPropagation

3.5 Reti Neurali Convoluzionali

3.6 Regularizzazione

3.6.1 Overfitting e Underfitting

3.6.2 Regularizzazione L2

3.6.3 Dropout

3.7 Dataset Augmentation e Preprocessing

3.7.1 Jittering

3.7.2 Ridimensionamento (Scaling)

Capitolo 4

Architettura Software

4.1 TensorFlow

4.2 Keras

4.3 Google Colab

4.4 Weights & Biases

4.5 Modello di Apprendimento

4.5.1 Input del modello

4.5.2 Blocco Convoluzionale

4.5.3 Uso della Bussola e Output Ausiliario

4.5.4 Coefficiente di Memoria Residua e Input Ausiliario

4.5.5 Output del modello

4.6 Addestramento del Modello

4.7 Ensembling

Capitolo 5

Applicazione Mobile

5.1 Flutter

5.2 Planimetrie e Poligoni

5.3 Backend TensorFlow

5.3.1 TensorFlow Lite

5.3.2 Implementazione del Bridge di Comunicazione

5.4 Stabilizzazione del modello

5.4.1 Utilizzo dell'Accelerometro

5.4.2 Filtro di Kalman

Capitolo 6

Conclusioni

6.1 Risultati Sperimentali

6.1.1 Metriche di Errore: MSE, MAE, MaxAE

6.2 Lavori futuri

6.2.1 Input a Lunghezza Variabile

6.2.2 Reti Neurali Residuali

6.2.3 Variational Autoencoder: Generazione di nuovi dati

6.2.4 Transfer Learning

6.2.5 Input Masking e Ricostruzione dei Segnali

6.2.6 Transformers per Problemi di Regressione

6.2.7 Simulatore BLE