

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

Laurea in Informatica

Antonio Pietro Romito - 1932500

Relatore: Emanuele Panizzi

Anno Accademico 2023/2024



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

- Presenterò il lavoro da me svolto durante il tirocinio presso il Gamification Lab del Dipartimento di Informatica
- sviluppo di un software in grado di rilevare automaticamente gli spostamenti in auto attraverso l'utilizzo del Bluetooth degli smartphone
- Questo sistema è stato implementato all'interno dell'applicazione Android del progetto Generocity

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

Laurea in Informatica

Antonio Pietro Romito - 1932500

Relatore: Emanuele Panizzi

Anno Accademico 2023/2024

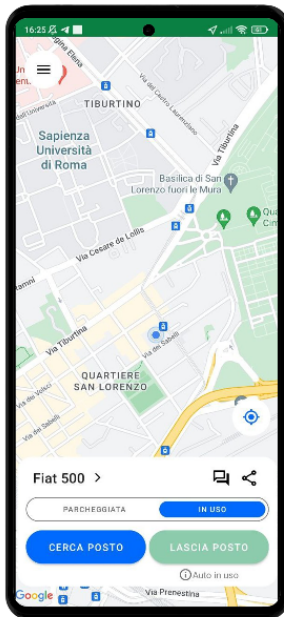




GeneroCity

Un'applicazione di smartparking

- Applicazione Android e iOS sviluppata dal GamificationLab
- Facilita la ricerca dei parcheggi in un'area urbana
- Non richiede l'attenzione dell'utente
- Utilizzo sicuro alla guida



Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

2024-12-01

GeneroCity

GeneroCity
Un'applicazione di smartparking

- Applicazione Android e iOS sviluppata dal GamificationLab
- Facilita la ricerca dei parcheggi in un'area urbana
- Non richiede l'attenzione dell'utente
- Utilizzo sicuro alla guida

- applicazione di smart parking
- attualmente in sviluppo per Android e iOS dal Gamification Lab
- scopo: facilitare la ricerca dei parcheggi all'interno di un'area urbana
- consente di farlo in maniera sicura senza causare distrazioni durante la guida
- dato che non richiede l'attenzione dei suoi utenti



Indice

► Interazioni implicite

► Il sensore Bluetooth

► Il calcolo della confidenza

2024-12-01	Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone
	└─ Interazioni implicite
	└─ Il sensore Bluetooth
	└─ Il calcolo della confidenza
	└─ Indice

- Ciò è possibile grazie all'impiego di interazioni implicite.

Indice

► Interazioni implicite

► Il sensore Bluetooth

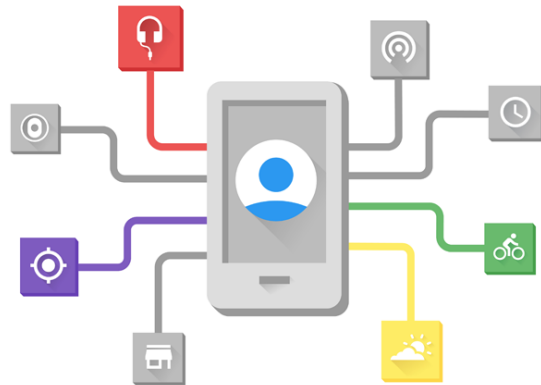
► Il calcolo della confidenza



Cos'è un'interazione implicita

Interazione uomo macchina:

- non richiede comandi espliciti
- utilizza il contesto come input per l'elaborazione



Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

└ Interazioni implicite

└ Cos'è un'interazione implicita

Cos'è un'interazione implicita

Interazione uomo macchina:
• non richiede comandi espliciti
• utilizza il contesto come input per l'elaborazione



- Con questa espressione si intende un tipo di interazione uomo-macchina che non richiede dei comandi espliciti da parte dell'utente
- piuttosto utilizza il contesto in cui quest'ultimo agisce come input per l'elaborazione
- approccio fondamentale per garantire la sicurezza degli utenti durante la guida



I sensori

In GeneroCity un sensore è un modulo software che, analizzando il contesto in cui agisce l'utente in uno specifico istante, determina l'azione compiuta da quest'ultimo.



2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

└ Interazioni implicite

└ I sensori

I sensori

In GeneroCity un sensore è un modulo software che, analizzando il contesto in cui agisce l'utente in uno specifico istante, determina l'azione compiuta da quest'ultimo.



- questo tipo d'interazioni vengono ottenute grazie all'implementazione di appositi moduli software chiamati sensori
- si occupano di studiare il contesto attraverso l'analisi dei dati riguardanti lo stato del dispositivo
- ad esempio i dati riguardanti il GPS del dispositivo, la batteria, il WiFi, la linea telefonica o, come per quello da me sviluppato, il Bluetooth
- scopo: inferire lo stato dell'utente
- nello specifico se sta guidando o meno



La confidenza

Valore $c \in \mathbb{R}$ compreso tra 0 e 1:

- $c \in [0.0, 0.5) \rightarrow$ l'utente non sta guidando
- $c = 0.5 \rightarrow$ il sensore non è in grado di inferire lo stato dell'utente
- $c \in (0.5, 1.0] \rightarrow$ l'utente sta guidando



Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

- └ Interazioni implicite

- └ La confidenza

- ogni sensore calcola un valore reale compreso tra 0 e 1 detto confidenza
- esso rappresenta lo stato dell'utente
- quando minore di 0.5 indica lo stato walking, ossia che l'utente non si trova alla guida
- se uguale a 0.5 denota che il sensore non è in grado di determinare lo stato
- quando maggiore di 0.5 indica lo stato automotive, ossia che l'utente sta guidando

La confidenza

Valore $c \in \mathbb{R}$ compreso tra 0 e 1:

- $c \in [0.0, 0.5) \rightarrow$ l'utente non sta guidando
- $c = 0.5 \rightarrow$ il sensore non è in grado di inferire lo stato dell'utente
- $c \in (0.5, 1.0] \rightarrow$ l'utente sta guidando





Indice

► Interazioni implicite

► Il sensore Bluetooth

► Il calcolo della confidenza

2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

- Il sensore Bluetooth

└─ Indice

- Il mio apporto al progetto GeneroCity è stato quello di realizzare il sensore Bluetooth per l'applicazione Android

Indice

► Interazioni implicite

► Il sensore Bluetooth

► Il calcolo della confidenza



L'obiettivo del sensore

Rilevare connessioni Bluetooth con l'autoradio della macchina che l'utente sta guidando.



2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone
└ Il sensore Bluetooth

└ L'obiettivo del sensore

- si occupa di riconoscere se i dispositivi connessi allo smartphone dell'utente sono delle autoradio in modo da rilevare quando quest'ultimo sta guidando.
- per far ciò il sensore ha bisogno di mantenere in memoria il suo stato

L'obiettivo del sensore

Rilevare connessioni Bluetooth con l'autoradio della macchina che l'utente sta guidando.





Lo stato del sensore

- Stato del Bluetooth (acceso/spento)



2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone
└ Il sensore Bluetooth

└ Lo stato del sensore

- rappresentato da
 - un flag che indica se il Bluetooth è acceso o spento
 - la lista dei dispositivi che sono connessi in quell'istante
 - la lista delle ultime 10 automobili che sono state connesse
- questi dati saranno utilizzati per effettuare il calcolo della confidenza
- lo stato ha bisogno di essere aggiornato ogni qualvolta viene acceso o spento il Bluetooth o viene connesso un dispositivo

Lo stato del sensore

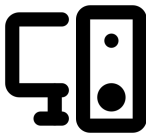
- Stato del Bluetooth (acceso/spento)





Lo stato del sensore

- Stato del Bluetooth (acceso/spento)
- Lista dei dispositivi connessi



2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone
└ Il sensore Bluetooth

└ Lo stato del sensore

- rappresentato da
 - un flag che indica se il Bluetooth è acceso o spento
 - la lista dei dispositivi che sono connessi in quell'istante
 - la lista delle ultime 10 automobili che sono state connesse
- questi dati saranno utilizzati per effettuare il calcolo della confidenza
- lo stato ha bisogno di essere aggiornato ogni qualvolta viene acceso o spento il Bluetooth o viene connesso un dispositivo

Lo stato del sensore

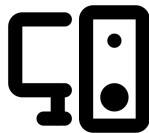
- Stato del Bluetooth (acceso/spento)
- Lista dei dispositivi connessi





Lo stato del sensore

- Stato del Bluetooth (acceso/spento)
- Lista dei dispositivi connessi
- Lista delle ultime 10 auto connesse



2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

- └ Il sensore Bluetooth

- └ Lo stato del sensore

- rappresentato da
 - un flag che indica se il Bluetooth è acceso o spento
 - la lista dei dispositivi che sono connessi in quell'istante
 - la lista delle ultime 10 automobili che sono state connesse
- questi dati saranno utilizzati per effettuare il calcolo della confidenza
- lo stato ha bisogno di essere aggiornato ogni qualvolta viene acceso o spento il Bluetooth o viene connesso un dispositivo

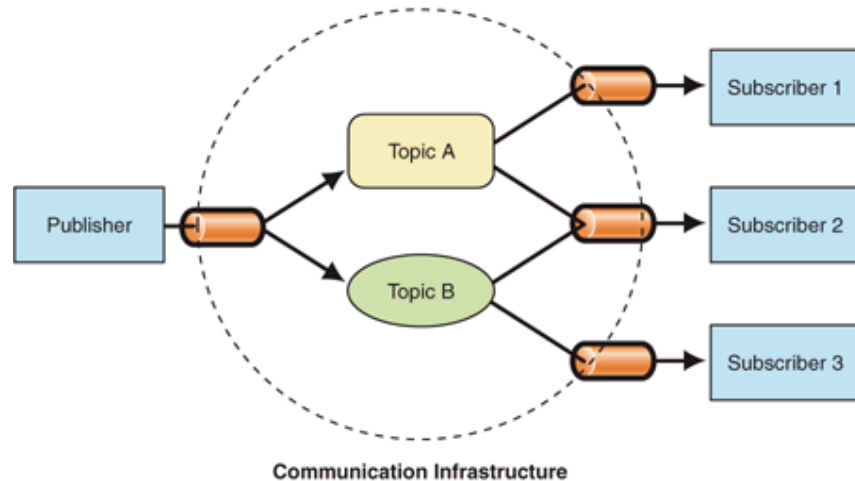
Lo stato del sensore

- Stato del Bluetooth (acceso/spento)
- Lista dei dispositivi connessi
- Lista delle ultime 10 auto connesse





L'ascolto degli eventi di sistema



Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

└ Il sensore Bluetooth

└ L'ascolto degli eventi di sistema



- a tale scopo vengono ascoltati degli eventi di sistema
- infatti in Android le applicazioni possono registrarsi per essere notificate dal sistema operativo quando degli specifici eventi di sistema accadono
- in questo caso al sensore interessano solamente gli eventi relativi al Bluetooth



Il rilevamento della connessione di un'automobile

2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

└ Il sensore Bluetooth

└ Il rilevamento della connessione di un'automobile

Il rilevamento della connessione di un'automobile

- nello specifico quando il sensore viene notificato di una nuova connessione viene eseguito il seguente algoritmo per verificare se il dispositivo connesso è un'automobile o meno
- prima di tutto viene verificato se il dispositivo è già presente tra le macchine salvate (tramite indirizzo mac) e in caso contrario controlla se si tratta di un'auto:
 - controlla se la classe è audiovideo, se no non è un'auto
 - controlla se utilizza la classe audiovideo car audio
 - controlla se il nome del dispositivo contiene il nome di un brand o modello di auto
- nel caso in cui il dispositivo connesso è un'auto, indipendentemente dal fatto che era già presente, incrementa di uno il contatore delle sue connessioni e salvato nella lista delle macchine (sovrascrivendo il vecchio se presente)
- infine viene salvato il dispositivo alla lista dei dispositivi connessi



Indice

► Interazioni implicite

► Il sensore Bluetooth

► Il calcolo della confidenza

2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone
└─ Il calcolo della confidenza

└─ Indice

Indice

► Interazioni implicite

► Il sensore Bluetooth

► Il calcolo della confidenza

- ogni volta che lo stato del sensore cambia viene calcolata la confidenza in modo da aggiornare lo stato dell'utente di conseguenza
- in particolare



La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$



2024-12-01 Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

- Il calcolo della confidenza

- La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$



- Se al momento del ricalco il Bluetooth è spento $\rightarrow c = 0.5$ in quanto non può stimare lo stato
- Se invece è acceso ma non c'è nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$ sicuramente non connessa un macchina
- Altrimenti se ci sono dispositivi connessi ma nessuno di essi è un'auto $\rightarrow c = 0.1$ dato che potrebbero essere presenti automobili non rilevate correttamente
- Se invece un'automobile è connessa $\rightarrow c \in [0.75, 1.0]$ proporzionale al numero di connessioni



La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$
- Nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$



2024-12-01 Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

- └ Il calcolo della confidenza

- └ La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$
- Nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$



- Se al momento del ricalco il Bluetooth è spento $\rightarrow c = 0.5$ in quanto non può stimare lo stato
- Se invece è acceso ma non c'è nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$ sicuramente non connessa un macchina
- Altrimenti se ci sono dispositivi connessi ma nessuno di essi è un'auto $\rightarrow c = 0.1$ dato che potrebbero essere presenti automobili non rilevate correttamente
- Se invece un'automobile è connessa $\rightarrow c \in [0.75, 1.0]$ proporzionale al numero di connessioni



La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$
- Nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$
- Nessuna automobile tra i dispositivi connessi $\rightarrow c = 0.1$



Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

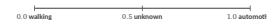
Il calcolo della confidenza

La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Se al momento del ricalco il Bluetooth è spento $\rightarrow c = 0.5$ in quanto non può stimare lo stato
- Se invece è acceso ma non c'è nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$ sicuramente non connessa un macchina
- Altrimenti se ci sono dispositivi connessi ma nessuno di essi è un'auto $\rightarrow c = 0.1$ dato che potrebbero essere presenti automobili non rilevate correttamente
- Se invece un'automobile è connessa $\rightarrow c \in [0.75, 1.0]$ proporzionale al numero di connessioni

La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$
- Nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$
- Nessuna automobile tra i dispositivi connessi $\rightarrow c = 0.1$





La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$
- Nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$
- Nessuna automobile tra i dispositivi connessi $\rightarrow c = 0.1$
- Automobile connessa $\rightarrow c \in [0.75, 1.0]$



Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

Il calcolo della confidenza

La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Se al momento del ricalco il Bluetooth è spento $\rightarrow c = 0.5$ in quanto non può stimare lo stato
- Se invece è acceso ma non c'è nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$ sicuramente non connessa un macchina
- Altrimenti se ci sono dispositivi connessi ma nessuno di essi è un'auto $\rightarrow c = 0.1$ dato che potrebbero essere presenti automobili non rilevate correttamente
- Se invece un'automobile è connessa $\rightarrow c \in [0.75, 1.0]$ proporzionale al numero di connessioni

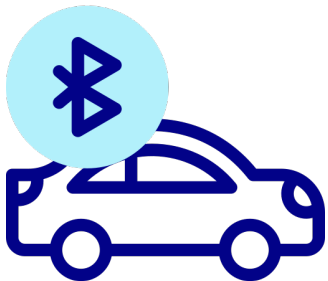
La confidenza restituita dal sensore Bluetooth

- Bluetooth spento $\rightarrow c = 0.5$
- Nessun dispositivo connesso $\rightarrow c = 0.0$
- Nessuna automobile tra i dispositivi connessi $\rightarrow c = 0.1$
- Automobile connessa $\rightarrow c \in [0.75, 1.0]$





Confidenza proporzionale al numero di connessioni



- Il sensore deve riconoscere quando l'utente sta guidando e non sia un passeggero
- Si basa sul numero di connessioni effettuate con la stessa auto
- Più è un'auto usata frequentemente più è probabile che l'utente sia alla guida

2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

- └ Il calcolo della confidenza

- └ Confidenza proporzionale al numero di connessioni

Confidenza proporzionale al numero di connessioni

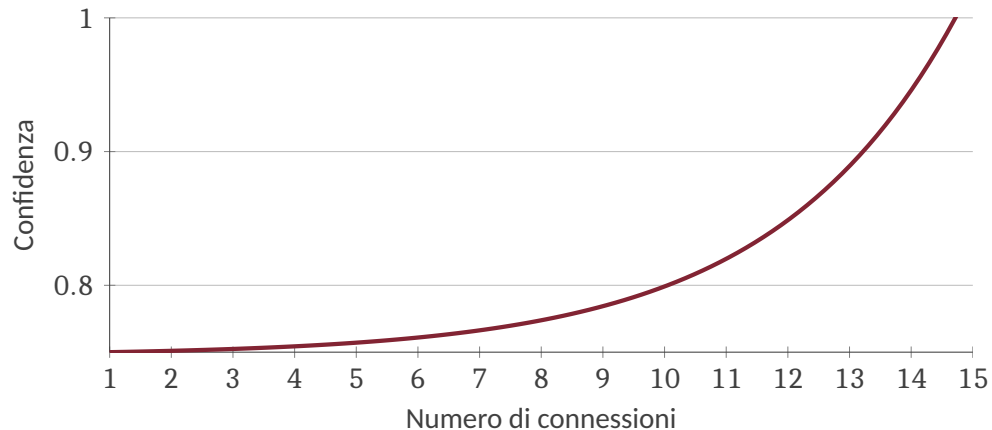


- Il sensore deve riconoscere quando l'utente sta guidando e non sia un passeggero
- Si basa sul numero di connessioni effettuate con la stessa auto
- Più è un'auto usata frequentemente più è probabile che l'utente sia alla guida

- importante sensore sia in grado di riconoscere quando l'utente si trova effettivamente alla guida e non sia un passeggero
- per discernere questi due casi si è scelto di basarsi sul numero di connessioni effettuate verso la stessa auto
- inferendo che, se essa è molto utilizzata, si tratti di un'auto dell'utente e che quindi egli stia guidando



L'incremento esponenziale della confidenza



2024-12-01

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il Bluetooth degli smartphone

└ Il calcolo della confidenza

└ L'incremento esponenziale della confidenza



- Anzitutto si è scelto un approccio lineare, ovvero aumentando la confidenza di un valore costante ad ogni connessione da parte della stessa vettura
- è emerso che in situazioni di utilizzo sporadico di un'automobile come passeggero, la confidenza restituita fosse troppo elevata portando a falsi positivi
- si è quindi deciso di utilizzare una funzione esponenziale in modo da incrementare leggermente la confidenza per le prime connessioni, mentre per un numero più elevato restituire una confidenza più alta.
- nello specifico alla prima connessione viene restituito 0.75 ed il valore rimarrà sotto lo 0.8 fino alla decima connessione per poi aumentare più velocemente fino alla quindicesima connessione per cui verrà restituito 1 così come per tutte le successive
- Questo approccio si è rivelato più affidabile nei test successivi



L'invio dei dati al server

PUT

/sensor-data/{sensor}/{key} Insert or replace a json



Esempio di body inviato dal sensore

```
{
  "action": "automotive",
  "confidence": 0.75436,
  "data": {
    "bluetooth_enabled": true,
    "connected": [
      {
        "alias": "My Car",
        "bluetooth_class": "Handsfree",
        "connection_count": 4,
        "device_name": "Fiat Punto",
        "is_car": true
      }
    ]
  },
  "datetime": "2024-10-21T15:43:24.525+02:00"
}
```

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il
Bluetooth degli smartphone
└ Il calcolo della confidenza

└ L'invio dei dati al server

- ogni sensore quando il suo stato cambia e confidenza ricalcolata
- invia una richiesta HTTP ad un apposito endpoint esposto dal server
- nel body richiesta si serializzano ...
- questi dati vengono raccolti per allenare un modello di machine learning
 - attualmente in sviluppo
 - scopo: determinare lo stato dell'utente basandosi sulla confidenza calcolata da ogni sensore

L'invio dei dati al server

PUT /sensor-data/{sensor}/{key} Insert or replace a json

Esempio di body inviato dal sensore

```
{
  "action": "automotive",
  "confidence": 0.75436,
  "data": {
    "bluetooth_enabled": true,
    "connected": [
      {
        "alias": "My Car",
        "bluetooth_class": "Handsfree",
        "connection_count": 4,
        "device_name": "Fiat Punto",
        "is_car": true
      }
    ]
  },
  "datetime": "2024-10-21T15:43:24.525+02:00"
}
```



Grazie per l'attenzione!

Sviluppo di un sistema per rilevare spostamenti in auto tramite il
Bluetooth degli smartphone
└ Il calcolo della confidenza

Grazie per l'attenzione!

- **Possibili domande:**
- Testing:
 - circa una 50 di test
 - accendendo la macchina e connettendola al telefono
 - verificando con un interfaccia grafica da me realizzata che veniva rilevata correttamente la connessione di una macchina
 - e che la confidenza restituita fosse coerente con il numero di connessioni