



**Diplomski studij**

**Informacijska i komunikacijska  
tehnologija**

**Računarstvo**

**Telekomunikacije i informatika**

**Obradba informacija**

**Računalno inženjerstvo**

**Internet stvari**

**Seqjurit**

**Projekt**

**Gabrijel Čobanov**

**Hrvoje Biloš**

**Roko Gligora**

**Katarina Mikulić**

**Luka Žaja**

**Ak.g. 2024./2025.**

## Sadržaj

<b>1. Uvod .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Opis rješenja .....</b>	<b>4</b>
Funkcionalnosti komponenti .....	4
Komunikacijski protokoli.....	5
Skica arhitekture.....	5
Implementacijski detalji .....	6
Sekvencijski dijagram .....	6
<b>3. IoT platforma .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Korisničke aplikacije.....</b>	<b>7</b>
Web aplikacija.....	7
Mobilna aplikacija.....	9

## 1. Uvod

ESP32 Antitheft IoT sustav razvijen je kao rješenje za zaštitu osobnih vozila od neovlaštenog pomicanja ili krađe. Sustav omogućuje korisniku da putem web ili mobilne aplikacije aktivira zaštitu, nakon čega se svaka promjena položaja vozila automatski detektira i rezultira lokalnim alarmom te obavijesti krajnjem korisniku.

Temelj sustava čini inercijalni senzorski modul **MPU-6050**, koji integrira troosni akcelerometar i troosni žiroskop za precizno mjerenje pomaka i nagiba vozila. U slučaju detekcije neželjenog kretanja, uređaj aktivira lokalni zvučni i vizualni alarm putem **buzera** i **LED diode**.

Sustav je primarno dizajniran za sljedeće scenarije korištenja:

- U kontekstu parkiranog vozila, korisnik aktivira alarm nakon izlaska iz vozila. Svaki pomak ili nagib u tom stanju rezultira notifikacijom u korisničkoj aplikaciji.
- U slučaju pokušaja krađe ili neovlaštene vožnje, sustav prepoznaje pomicanje (npr. guranje vozila) i odmah pokreće alarmni mehanizam.

U odnosu na postojeća rješenja, ovaj sustav se pozicionira između **DIY GPS/LoRa antitheft sustava** i **komercijalnih auto-alarm uređaja s GSM notifikacijama**, nudeći pametniju, bežično integriranu alternativu s potencijalom za proširenje putem IoT platformi.

### Pojmovnik:

Pojam	Definicija
ESP32	ESP32-C6 DevKitC-1 mikroprocesorska pločica s podrškom za Wi-Fi i BLE komunikaciju
MPU6050	Inercijski senzor (3-osni akcelerometar + 3-osni žiroskop)
ThingsBoard	Open-source IoT platforma za prikupljanje, vizualizaciju i upravljanje IoT podacima
Digital twin	Softverski entitet koji emulira ponašanje fizičkog uređaja u stvarnom vremenu
Arm / Disarm	Aktiviranje / deaktiviranje sustava zaštite
Telemetrija	Mjerni podaci koji se kontinuirano šalju s uređaja (npr. položaj, pokret)

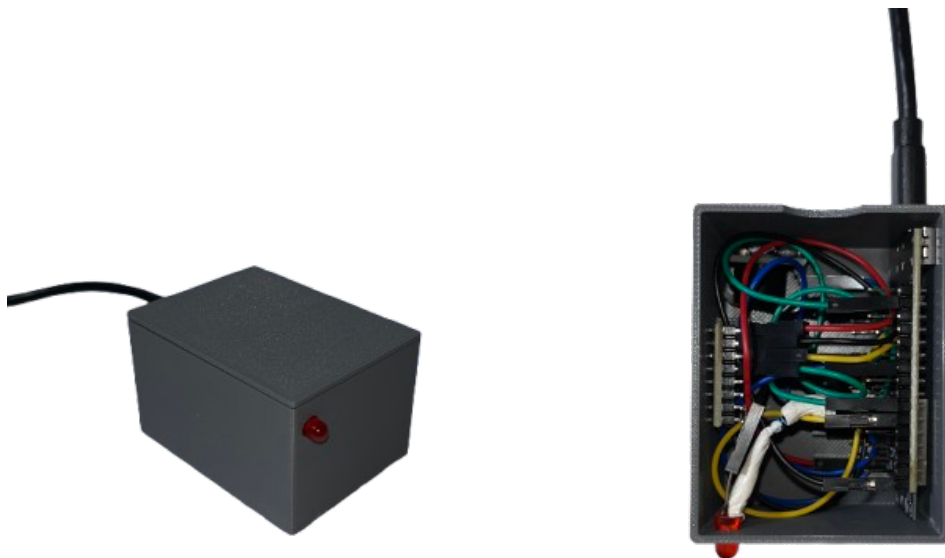
## 2. Opis rješenja

Antitheft sustav temelji se na višeslojnoj arhitekturi u kojoj svaki podsustav ima jasno definiranu funkcionalnost. Sustav je sastavljen od senzorskog čvora, mrežnog sloja za komunikaciju, IoT platforme za upravljanje uređajima i korisničkih aplikacija za interakciju s krajnjim korisnikom.

### Funkcionalnosti komponenti

#### Senzorski čvor

Glavni funkcionalni element uređaja je senzorski čvor, koji se sastoji od **ESP32 mikrokontrolera**, inercijskog modula **MPU-6050** i baterijskog napajanja. Ovaj čvor kontinuirano mjeri akceleraciju i rotaciju vozila u tri osi te analizira podatke u stvarnom vremenu kako bi prepoznao nenormalna gibanja, poput naglog pomaka, nagiba ili udarca. U slučaju detekcije takvih događaja, aktivira se **lokalni alarmni sustav** koji uključuje zvučni signal putem buzzera i vizualnu signalizaciju LED diodom.



#### Mrežni pristup

ESP32 uređaj koristi **Wi-Fi** sučelje kako bi se povezao na dostupnu bežičnu mrežu, najčešće kućni ili parkirališni hotspot. Pomoću ove veze omogućuje se slanje telemetrijskih podataka prema oblaku koristeći **MQTT protokol**, ili direktno prema IoT platformi ThingsBoard.

#### IoT platforma – ThingsBoard

Kao središnja komponenta sustava koristi se **ThingsBoard Community Edition**, open-source IoT platforma za obradu i vizualizaciju podataka. Ovdje se pohranjuje sva pristigla telemetrija, konfiguriraju pravila ponašanja uređaja te se omogućuje grafički prikaz aktivnosti putem prilagođenih dashboarda. Platforma također podržava definiranje entiteta kao što su fizički uređaji, virtualni trackeri i vozila (asseti), čime se osigurava skalabilnost i fleksibilnost sustava.

### Korisničke aplikacije

Za interakciju korisnika sa sustavom razvijene su dvije aplikacije:

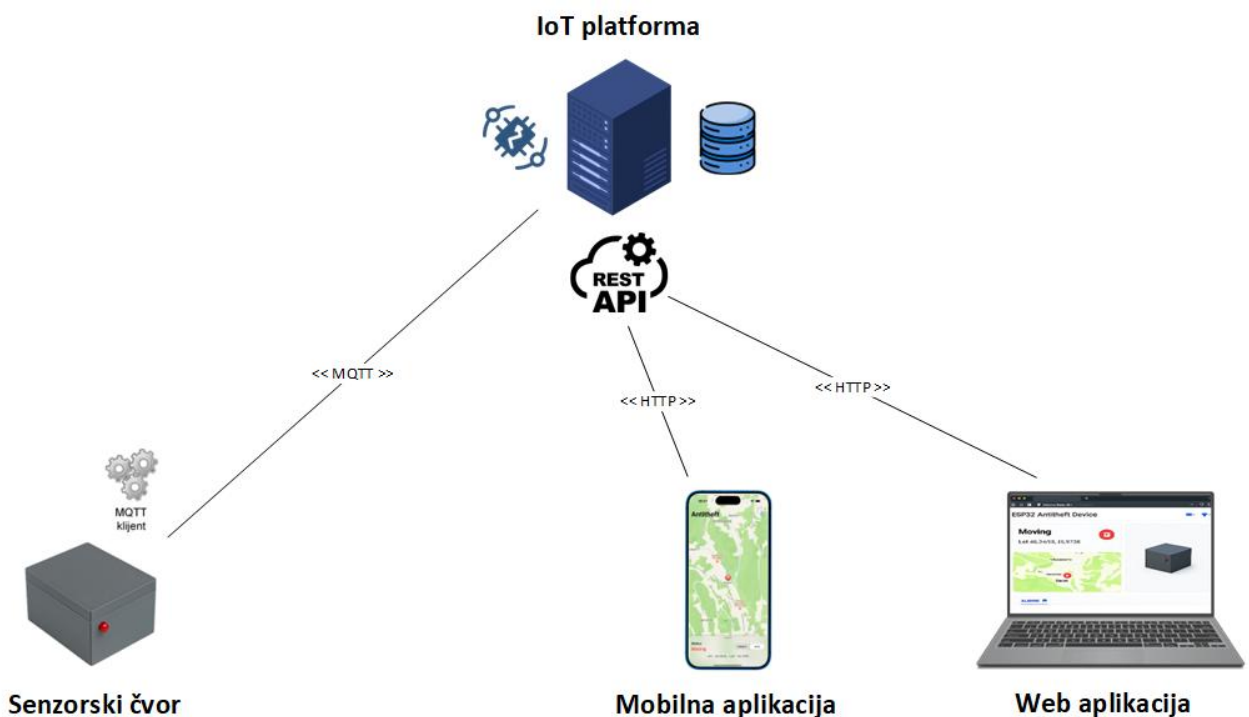
- **Web aplikacija**, putem koje korisnici mogu upravljati uređajem, pratiti povijest alarma i aktivirati/deaktivirati zaštitni mehanizam.
- **Mobilna iOS aplikacija**, optimizirana za brz pristup osnovnim funkcijama poput praćenja lokacije vozila i upravljanja uređajem. Aplikacija podržava lokalne notifikacije koje korisniku signaliziraju pokret detektiranog vozila.

### Komunikacijski protokoli

Komunikacija između uređaja i platforme temelji se na dva protokola:

- **MQTT (over TCP/IP)** koristi se za slanje telemetrije s ESP32 prema ThingsBoardu.
- **HTTP** se koristi za REST API komunikaciju iz web i mobilne aplikacije prema platformi, pri čemu se koristi autentikacija putem JWT tokena.

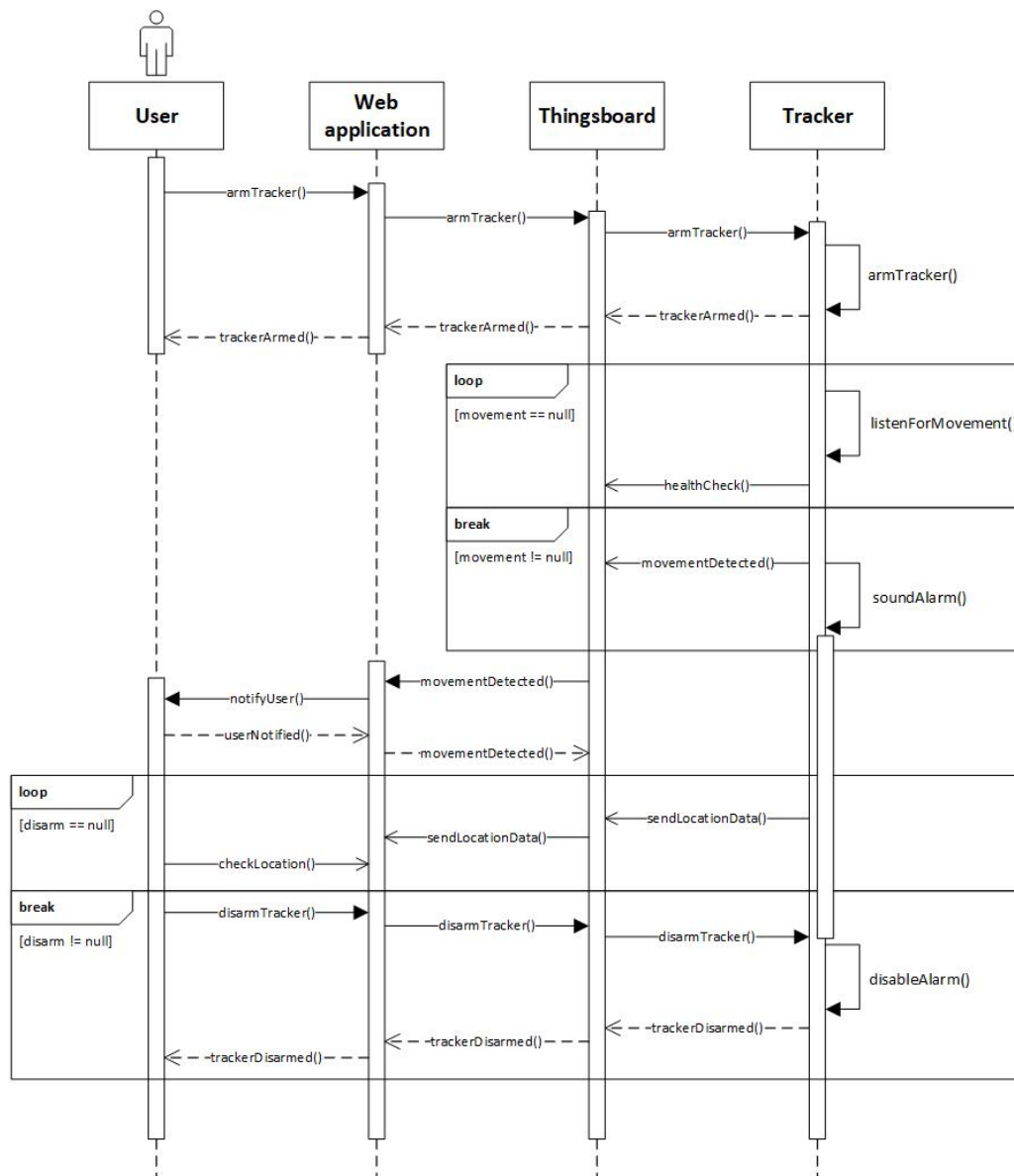
### Skica arhitekture



## Implementacijski detalji

Uređaj koristi **MPU-6050** inercijski senzor C/A razine i **5 V buzzer** kao aktuator. Komunikacija s platformom odvija se putem **MQTT brokera** na cloud instanci, dok je ThingsBoard instaliran kao samostalno rješenje u oblaku i konfiguriran za upravljanje i pohranu telemetrije, uz mogućnost dodatnog definiranja pravila ponašanja (rule engine) u naprednijim fazama razvoja.

## Sekvencijski dijagram



## 3. IoT platforma

- Platforma:
  - Thingsboard Community Edition

- Osnovno o platformi:
  - Open-source PaaS namijenjen IoT rješenjima
  - Podrška device provisioning, telemetriju, alarmiranje, vizualizaciju
- Naplata: besplatno za do 5 uređaja, mogućnost samostalne instalacije
- Korištene mogućnosti:
  - Device Provisioning: automatsko dodavanje ESP32 čvorova pomoću Access Tokena
  - Dashboard: prilagođeni widgeti za prikaz grafova akceleracije i žiroskopskih signala
- Konfiguracija resursa:

Na IoT platformi Thingsboard konfigurirali smo sustav za praćenje vozila koristeći jasno definirane entitete i odnose među njima. Vozila su predstavljena kao Asseti, dok su trackeri konfigurirani kao Device, odnosno fizički uređaji povezani s vozilima. Korištenjem Customers entiteta omogućili smo odvajanje različitih klijenata, a svaki Customer može imati jednog ili više Usera s ograničenim pristupom.

Za dodatnu fleksibilnost i kategorizaciju koristimo profile za Asete i Devicee. Postoje dva profila:

- Physical Vehicle/Tracker – za stvarna vozila ili trackere
- Virtual Vehicle/Tracker – za virtualna/testna vozila ili trackere

Jedan od klijenata u sustavu je "FER Anti Theft unit", kojem je pridružen jedan User imena "Luka Zaja". Taj korisnik ima pristup svom fizičkom Assetu, vozilu Škoda Octavia, koje je putem odnosa povezano s dva uređaja: Physical Tracker - 001 i Physical Tracker - 002.

Korisnicima je dostupan dashboard pod nazivom "Vehicles & Trackers", koji prikazuje sve asete, uređaje i njihovu međusobnu hijerarhiju. Klikom na pojedini uređaj otvara se dodatni prikaz s detaljima: mapom trenutne lokacije trackera, timetableom primljenih podataka te dva velika gumba za ARM i DISARM funkcionalnosti.

Administrator ima pristup cijelom sustavu, uključujući i mogućnost testiranja pomoću virtualnih vozila i odgovarajućih virtualnih trackera, što omogućuje razvoj i provjeru funkcionalnosti bez utjecaja na stvarne podatke.

#### **4. Korisničke aplikacije**

##### **Web aplikacija**

- Služi kao kontrolna ploča svakom korisniku preko koje može:
  - Prijaviti u sustav
  - Paliti i gasiti alarm
  - Pratiti trenutno stanje (lokaciju i detekciju pokreta)

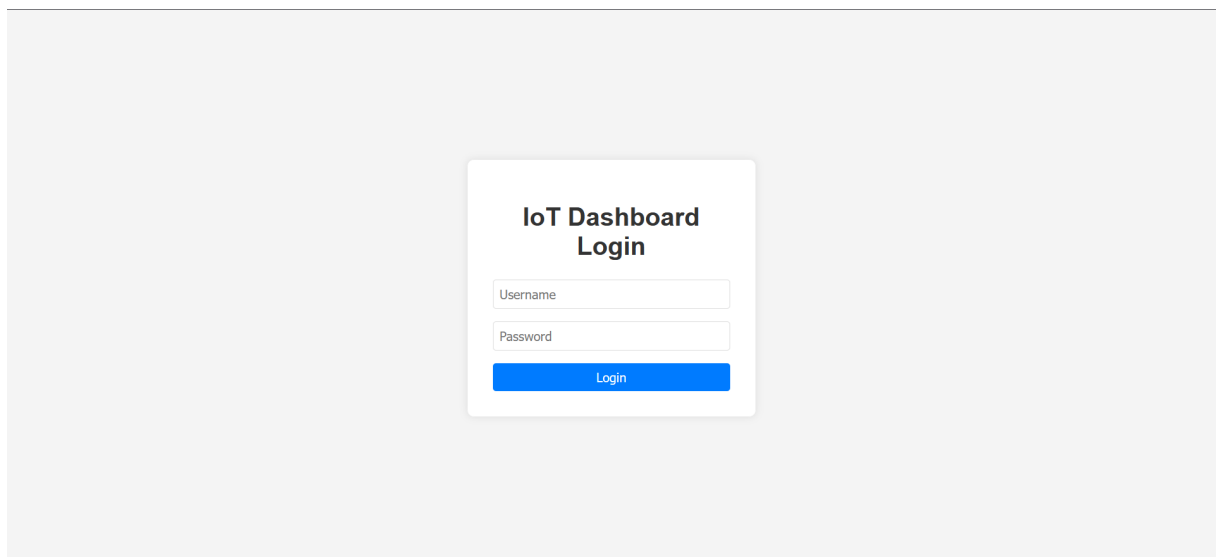
##### **Korištene tehnologije**

- Klijent
  - HTML, CSS, JavaScript
- Poslužitelj
  - Express

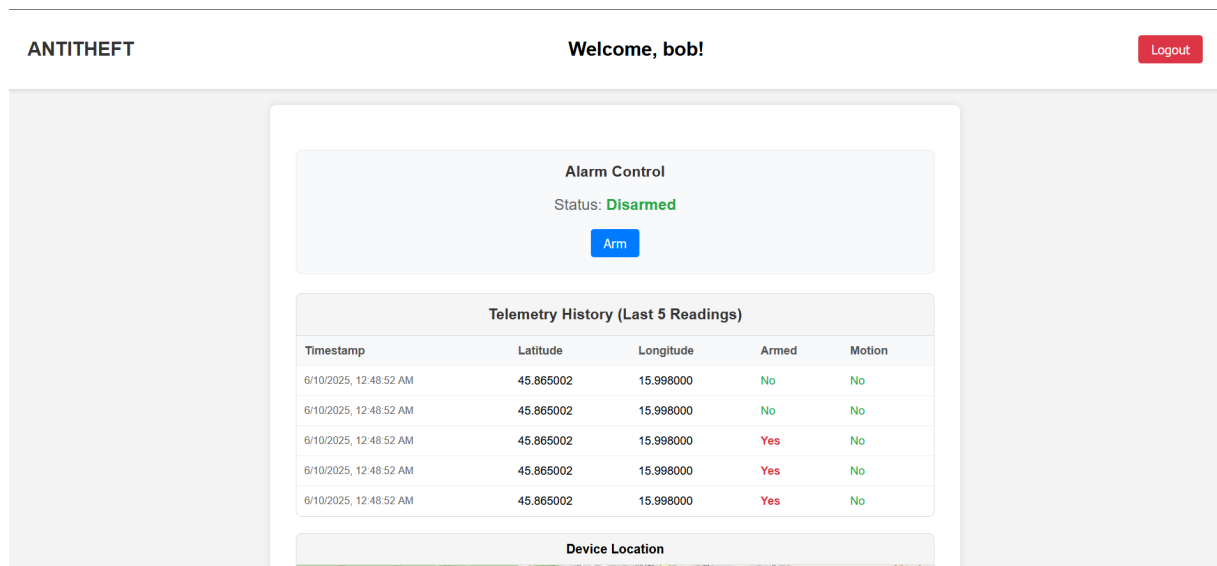
### Najznačajniji implementacijski detalji

- Autentifikacija s platformom ThingsBoard
  - Autentifikacija s platformom ThingsBoard je ključni korak bez kojeg daljna komunikacija i dohvaćanje informacija nije moguća. Sva komunikacija koristi JWT za pristupanje krajnjim točkama na platformi.
- Dohvaćanje telemetrije s IoT platforme
  - Pomoću **JWT**, **DeviceId** i **AccessToken** se pristupa telemetriji individualnih uređaja te se korisniku prikazuje lokacija i stanje alarma. Prikazuje se pet najnovijih informacija dohvaćenih sa IoT platforme.
- Aktiviranje/Deaktiviranje alarma
  - Alarm se može preko gumba aktivirati i deaktivirati. Promjene su vidljive u povijesti telemetrije.
- Prikaz lokacije na karti
  - Za prikazivanje dohvaćenih podataka se koristi OpenMap.

### Prikaz sučelja







## Mobilna aplikacija

Kao dio antitheft IoT sustava razvijena je **nativna iOS aplikacija** koja korisniku omogućuje **daljinsko upravljanje i praćenje statusa uređaja**. Aplikacija služi kao sučelje za:

- **Prikaz trenutne lokacije** vozila na karti
- **Primanje statusa kretanja** (miruje / kreće se)
- **Upravljanje uređajem** putem naredbi Arm i Disarm
- **Primanje sustavnih obavijesti** (local notifications) kada se otkrije pokret

## Korištene tehnologije

- **Swift 5.9 / SwiftUI / Combine**

UI & reaktivno stanje	SwiftUI + Combine
Karte i lokacija	Apple MapKit
Obavijesti	UNUserNotificationCenter
Mrežna komunikacija	URLSession (REST API + JWT)

## Izgled i funkcionalnosti

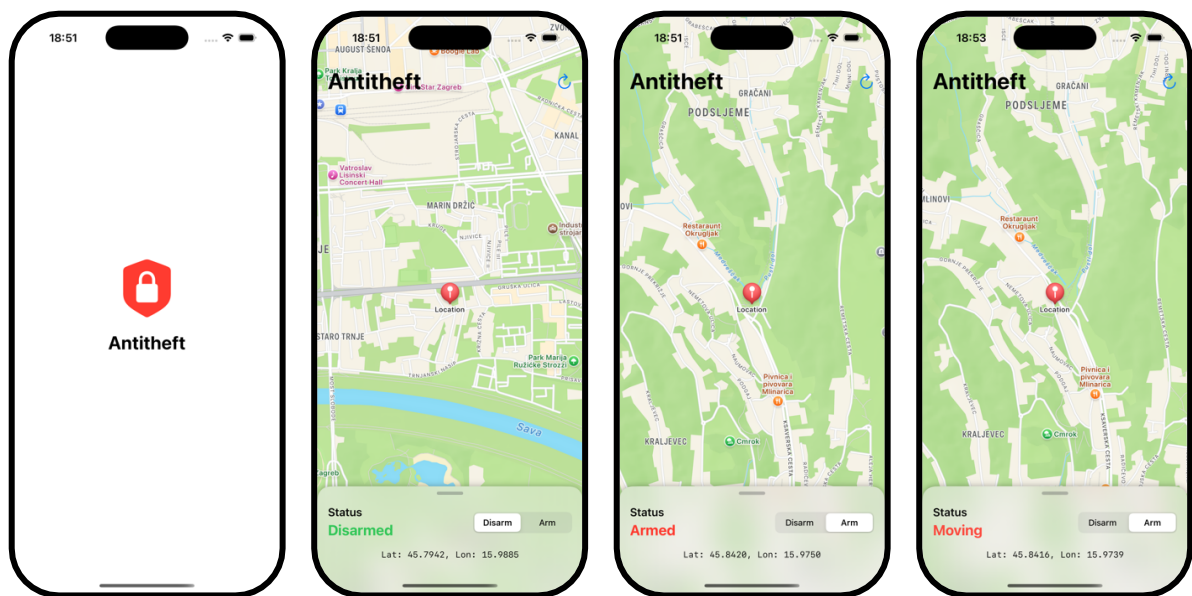
### 1 Glavni ekran

Na početnom prikazu korisnik vidi:

- Apple Maps prikaz sa stvarnom (ili simuliranom) lokacijom uređaja

- Status uređaja: Armed, Disarmed, Moving
- Gumbi za upravljanje stanjem uređaja (Arm, Disarm)
- Statusna traka s koordinatama (Lat, Lon)

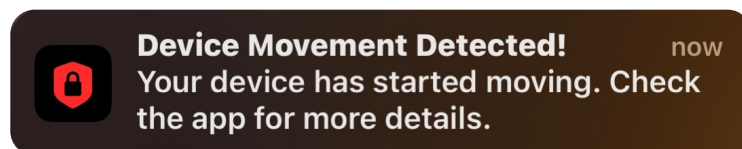
Primjer sučelja:



## 2 Obavijesti

Aplikacija implementira **lokalne iOS obavijesti** koje se prikazuju kada uređaj detektira pokret.

Primjer obavijesti:



Najvažniji implementacijski detalji

- Dohvat podataka s ThingsBoarda

Aplikacija koristi ThingsBoard REST API za dohvat timeseries telemetrijskih podataka putem JSON odgovora (latitude, longitude, motion\_detected, armed, gyroX/Y/Z).

- Autentikacija

Aplikacija koristi **JWT token** unutar Authorization zaglavlja za svaki REST poziv.