

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА СИСТЕМА ЗА БЕЛЕЖЕЊЕ GPS ДОГАЂАЈА УПОТРЕБОМ GEOFENCING ТЕХНОЛОГИЈЕ**IMPLEMENTATION OF A GPS EVENT TRACKING SYSTEM UTILIZING GEOFENCING TECHNOLOGY**

Вук Вуковић, др Милан Видаковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – СОФТВЕРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО И ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Кратак садржај – Овај рад описује развој софтверског система за праћење GPS догађаја коришћењем geofencing технологије, која омогућава детекцију улазака и излазака корисника из дефинисаних зона, а ослања се на коришћење хаверсинусне формуле. Описани систем развијен је употребом Spring Boot и Flutter радних оквира.

Кључне речи: geofencing, хаверсинусна формула

Abstract – This paper outlines the creation of a GPS event tracking software system that utilizes geofencing technology to detect user entries and exits from specified zones, employing the haversine formula for precise calculations. The system was built using the Spring Boot and Flutter frameworks.

Keywords: geofencing, haversine formula

1. УВОД

Технологије геолокације (геопозиције) [1] играју кључну улогу у развоју апликација које се ослањају на праћење кретања корисника у реалном времену. Геолокација представља механизам за одређивање географске локације уређаја. Једна од најзначајнијих метода која омогућава реаговање на кретање корисника је geofencing [2] технологија. Ова технологија омогућава дефинисање виртуелних граница око одређених тачака или географских области, као и праћење корисника, односно реаговање на улазак, излазак или задржавање у тој области одређено време.

Geofencing има примену у бројним индустријама, од безбедности, преко логистике, па све до маркетинга. Једна од специфичних примена geofencing-а јесте праћење кретања и временаведеног на одређеним подручјима која имају стриктно дефинисане границе и очекивана задржавања, као што су гранични прелази.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Милан Видаковић, ред. проф.

1.1. Проблем

Проблем са којим се суочавају многи путници је недостатак информација о времену које је потребно да се проведе на граничном прелазу. Путници често немају довољно јасну слику о времену које ће изгубити током чекања у реду.

1.2. Решење

Коришћењем geofencing технологије могуће је детектовати када возило стигне до граничног прелаза, колико времена проводи у чекању, и када је границу коначно прешло. Овакве информације могу да буду од великог значаја за планирање пута.

2. ОПИС РЕШЕЊА

Описани проблем решен је имплементацијом система који се састоји из серверске стране и мобилне апликације. Бекенд је имплементиран користећи Spring Boot [3], док је мобилна апликација развијена употребом Flutter-а [4] и Google Maps API-ја [5]. Посебна пажња посвећена је имплементацији geofencing механизма унутар мобилне апликације.

2.1. Google Maps API

Google Maps API даје могућност укључивања мапа и функција заснованих на географским информацијама у апликације. Он пружа све што је потребно за приказивање мапа, али и проналажење локација и приказивање важних тачака на мапи.

У контексту овог решења, Google Maps API игра кључну улогу у приказивању граничних прелаза, праћењу корисниковог кретања и детекцији доласка на граничне прелазе и проласка кроз њих.

2.2. Geofencing

Geofencing је технологија која омогућава дефинисање виртуелних граница, односно области око физичких локација, као и праћење и реаговање на кретање уређаја, приликом интеракције са тим областима. Свака дефинисана област се назива geofence. Ове области се могу дефинисати око било које локације, и најчешће су кружног облика које се дефинише радијусом, односно полупречником кружнице. Чест случај су и правоугаони облици, а неретко се јављају и виртуелне границе неправилних облика. Примери различито дефинисаних области се могу видети на слици 1.

У контексту овог решења, мобилна апликација детектује и реагује на зоне граничних прелаза, односно аутоматски реагује на пристизање у ред граничног прелаза, као и преласка саме границе, тако да корисник не мора да води рачуна о томе током свог путовања.



Слика 1: примери geofence површина

2.3. Хаверсинусна формула

Технологија geofencing-a се ослања на математичке концепте, односно на прорачуне удаљености између две тачке на површини Земље. За прецизно израчунавање удаљености користи се хаверсинусна формула, дата у изразу 1. На основу те удаљености се одређује да ли се уређај, односно корисник налази у дефинисаној зони. Ова формула припада области сферне тригонометрије и одређује раздаљину две тачке на основу њихових географских дужина и ширина.

$$d = 2r \cdot \arcsin\left(\sqrt{\text{hav}(\Delta\phi) + \cos(\phi_1) \cdot \cos(\phi_2) \cdot \text{hav}(\Delta\lambda)}\right)$$

Израз 1: хаверсинусна формула

Формула је дефинисана на следећи начин:

- d - раздаљина између две тачке,
- r - полупречник Земље (приближно 6371 km),
- ϕ_1 и ϕ_2 – географске дужине две тачке, изражене у радијанима,
- $\Delta\phi$ - разлика географских ширина ($\phi_2 - \phi_1$),
- $\Delta\lambda$ - разлика географских дужина ($\lambda_2 - \lambda_1$), и
- $\text{hav}(x) = \sin^2\left(\frac{x}{2}\right)$.

3. GEOFENCING ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

3.1. Локацијске услуге

Пре свега, неопходно је затражити дозволу за приступ локацијским услугама мобилног уређаја. Уређаји ове услуге не пружају без дозволе. Ова дозвола је неопходна како би апликација могла да оствари увид у локацију уређаја, односно да прати кретање путника.

Приступ локацијским услугама се разликује у зависности од система. На Android платформи, дозволе се дефинишу у AndroidManifest.xml фајлу. На iOS платформи, дозволе се дефинишу у Info.plist фајлу, у којем је неопходно навести и разлоге због којих апликација тражи приступ локацији. Конфигурација за

Android системе се налази у листингу 1, док се конфигурација за iOS системе налази у листингу 2.

```
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LO
CATION"/>
<uses-permission
android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_
LOCATION"/>
```

Листинг 1: Android конфигурација локацијских услуга

```
<key>NSLocationWhenInUseUsageDescription</key>
<string>We need your location to provide
automatic crossing services</string>
<key>NSLocationAlwaysUsageDescription</key>
<string>We need your location to provide
automatic crossing services</string>
```

Листинг 2: iOS конфигурација локацијских услуга

3.2. Geofencing

Следећи корак је довлачење података о граничним прелазима, односно података о geofence зонама са серверске апликације. Сваки гранични прелаз има дефинисану позицију која ће се користити за мерење удаљености и детекцију интеракције са geofence зоном.

Процес geofencing-a почиње рачунањем раздаљина од зоне уласка, а потом и зоне изласка граничног прелаза, употребом хаверсинусне формуле. Након што се раздаљине израчунају, проверавају се услови за детекцију уласка. Уколико се корисник налази у близини од 150 метара до дефинисане зоне и претходно није детектован улазак, апликација је у стању спремности да отпочне прелазак.

Након што је детектована зона, мора да се испуни још један услов. Чека се да корисник стане на крај реда чекања, како би мерење времена било максимално прецизно. Уколико брзина падне испод 2 m/s, односно 7,2 km/h, услов је задовољен, и тада се иницијализује догађај преласка, и поставља време доласка на гранични прелаз.

Док се апликација налази у стању активног преласка, све време се чека на догађај детекције зоне изласка, односно на испуњење последњег услова за завршетак циклуса. Када се корисник нађе на удаљености испод 100 метара од зоне изласка, процес се завршава, упућује се захтев ка серверској апликацији и бележи се време преласка, као и укупно чекање за дати гранични прелаз. Тада се апликација коначно враћа у почетно стање, где спремно чека на наредну детекцију geofence зоне.

3.3. Time-series подаци

На серверској страни, подаци су временски организовани, употребом TimescaleDB [6] базе података. TimescaleDB је специјализована база података за рад временским подацима (time-series data), која се заснива на PostgreSQL-у [7]. Овакав тип базе података идеалан је у случајевима када се бележе и анализирају велике количине података које су временски одређене, или које се прикупљају на фиксан временски интервал, као што су мерења сензора у

тачно одређено време, прикупљање логова, бележење GPS догађаја у датом тренутку, итд. TimescaleDB има све могућности стандардне PostgreSQL базе, али је додатно оптимизована када су временски одређени подаци у питању.

TimescaleDB чува податке у тзв. хипертабеле (hypertables) [8], које се сегментују на основу временских интервала. Такав приступ складиштењу података омогућава брже чување и претрагу података, што може бити изузетно корисно за системе који континуирано бележе и анализирају временски одређене догађаје.

4. ЗАКЉУЧАК

Кроз овај рад развијена је серверска апликација употребом Spring Boot радног оквира, уз TimescaleDB временску базу података. Поред тога, развијена је мултиплатформска мобилна апликација користећи Flutter framework, уз ослонац на Google Maps API.

Посебна пажња је посвећена истраживању и имплементацији geofencing технологије, која омогућава детекцију уласка и изласка уређаја, то јест корисника из дефинисаних географских подручја. Ова технологија, примењујући хаверсинусну формулу, представља срж система за аутоматско праћење прелазака граница. Ове компоненте и технологије заједно чине функционалан и аутоматизован систем који корисницима нуди тачне и правовремене информације о стању на граничним прелазима.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.indicative.com/resource/geolocation> (приступљено у октобру 2024.)
- [2] Dmitry Namiot, Manfred Sneps-Snepp, "Geofence and Network Proximity", Lecture Notes in Computer Science, vol 8121. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40316-3_11
- [3] <https://spring.io/projects/spring-boot> (приступљено у октобру 2024.)
- [4] <https://flutter.dev> (приступљено у октобру 2024.)
- [5] <https://developers.google.com/maps> (приступљено у октобру 2024.)
- [6] <https://www.timescale.com> (приступљено у октобру 2024.)
- [7] <https://www.postgresql.org> (приступљено у октобру 2024.)
- [8] <https://docs.timescale.com/use-timescale/latest/hypertables> (приступљено у октобру 2024.)

Кратка биографија:



Вук Вуковић рођен је 2000. године у Београду. Академске студије завршио је на Рачунарском факултету у Београду, на смеру рачунарске науке, након чега је уписао мастер академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, на студијском програму софтверско инжењерство и информационе технологије.
Контакт имејл:

vuk.vukovic.2000@gmail.com
Контакт мобилни: +381 62 230056



Milan Vidaković рођен је у Новом Саду 1971. Докторирао је на Факултету техничких наука 2003. год, а од 2014. је у звању редовни професор из области Применjene рачунарске науке и информатика.