

스마트 주차공간 시각화 및 혼잡도 기반 안내 시스템 개발

허한빈(국립군산대학교), 조주필 교수(국립군산대학교)

h5251017@naver.com stefano@kunsan.ac.kr

Smart Parking Space Visualization and Congestion-based Guidance System Development

HanBeen Hur, JuPil JO

요약

현대 도심에서는 차량 수 증가로 인한 주차 공간 부족 문제가 심각하게 대두되고 있다. 운전자는 빈 주차장을 찾기 위해 많은 시간을 소비하게 되며, 이는 교통 혼잡, 연료 낭비, 환경 오염으로 이어진다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 사용자 위치 기반의 스마트 주차 안내 시스템을 개발하였다. 시스템은 OpenStreetMap의 Overpass API를 활용하여 주차장 정보를 실시간으로 수집하고, Haversine 공식을 기반으로 한 추천 알고리즘을 통해 사용자의 위치와 가까운 주차장을 시각화한다. 프론트엔드는 Leaflet.js를 이용해 직관적인 지도 인터페이스를 제공하고, 백엔드는 Node.js + Express.js로 구현하여 확장성과 유지보수성을 확보하였다. 향후 실시간 센서 데이터와 연동하여 스마트 시티 서비스로 확장 가능하며, 교통 혼잡완화와 사용자 편의성 증대에 기여할 수 있다.

1. 서론

1. 연구 배경 및 필요성

현대 도시의 자동차 등록대수는 지속적으로 증가하고 있으며, 특히 도심 상업지역은 주차 수요에 비해 공간이 절대적으로 부족하다. 이로 인해 운전자들은 주차 공간을 탐색하기 위해 도로를 순환하며, 이는 교통 체증 심화, 연료 낭비, 탄소 배출 증가라는 악순환을 야기한다. 현재 일부 지자체 및 민간 기업에서 주차장 정보를 제공하지만, 대부분의 서비스는 위치 정보만 제공하거나 실시간 데이터 갱신이 이루어지지 않아 정확성이 떨어진다. 이에 본 연구에서는 사용자가 주변 주차장의 혼잡도를 한눈에 확인하고, 가장 가까운 최적 주차장을 추천받을 수 있는 웹 기반 시스템을 구현하였다.

2. 연구 목적

본 연구의 주요 목적은 다음과 같다.

사용자의 현재 위치를 자동으로 인식하여 지도에 표시하고, 입력한 주소를 기반으로 주변의 최적 주차장 10개를 추천하고자 한다. 또한 주차장 정보를 지도와 리스트 형태로 시각화하여 직관성을 제고하고, Haversine 공식을 적용하여 사용자의 위치와 각 주차장 간 거리를 계산하는 것을 목표로 한다. 아울러 실시간 Overpass API와의 연동을 통해 최신 정보를 자동으로 갱신하며, 실제 서비스 환경과 유사한 조건에서 검증하기 위하여 로컬 서버 환경 (PORT=4005)에서 배포 및 테스트가 가능하도록 구현하였다.

II. 본론

1. 시스템 구성

아래 그림 1은 본 시스템의 전체 구조를 나타낸다. 사용자가 웹 브라우저를 통해 주소를 입력하면, 프론트엔드에서 이를 백엔드 서버로 전달하고, 서버는 Overpass API 및 자체 DB(JSON 기반)에서 주차장 데이터를 수집한다. 이후 추천 알고리즘을 통해 가까운 주차장을 분석하여 지도와 추천 리스트 형태로 결과를 반환한다.

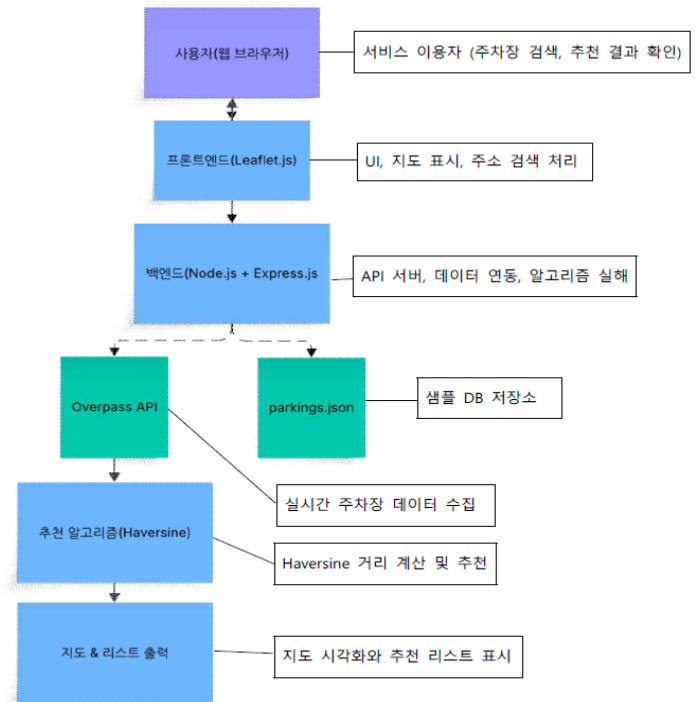


그림 1. 시스템 전체 구성도

2. 데이터베이스 설계

본 시스템은 초기단계에서 JSON 기반 데이터를 사용하지만, 확장성을 위해 관계형 데이터베이스로 설계하였다. 그림 2는 데이터베이스의 ERD(Entity Relationship Diagram)를 나타낸다.

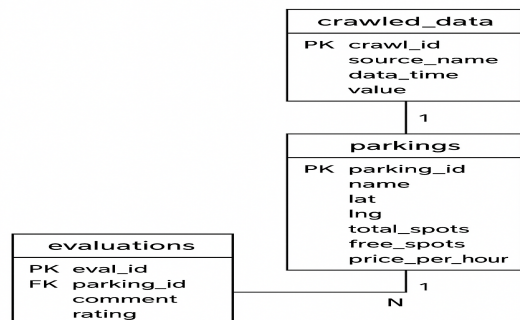


그림 2. 데이터베이스 ERD

3. 추천 알고리즘 흐름도

추천 알고리즘은 주소입력 → 좌표 변환 → 거리 계산 → 정렬 → 상위 10개 선택 → 지도 시각화의 과정을 따른다. Haversine 공식을 이용해 사용자와 각 주차장 간의 실제 거리를 계산하고, 혼잡도와 요금을 가중치로 적용해 결과를 도출한다.

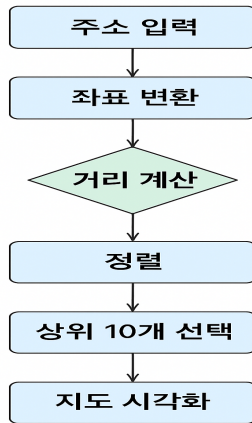


그림 3. 추천 알고리즘 흐름도

Haversine 공식

$$d = 2 \cdot R \cdot \arcsin \sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)}$$

- $R = 6371 \text{ km}$ (지구 반지름)
- $\Delta\varphi$ = 위도 차이
- $\Delta\lambda$ = 경도 차이

4. 주요 화면 구성

(1) 메인 지도 화면

Leaflet.js를 사용하여 주차장 위치를 마커로 표시하고, 사용자가 특정 위치를 검색하면 해당 주차장이 표시된다.

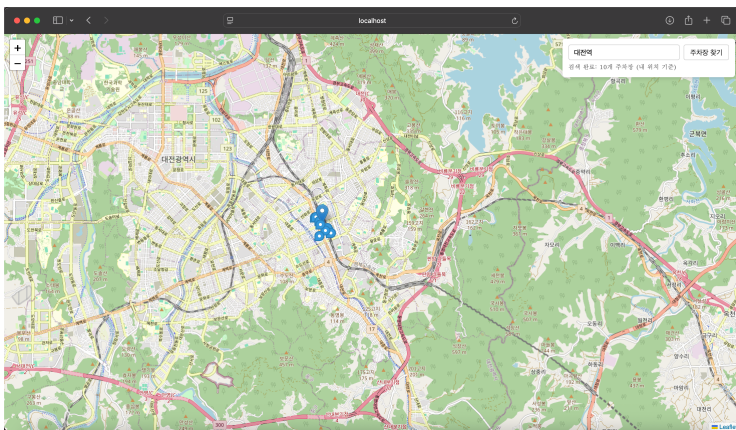


그림 4. 메인 화면 (Leaflet.js 기반 지도 시각화)

(2) 추천 리스트 화면

추천 알고리즘을 통해 분석된 상위 10개 주차장을 리스트로 표시한다.

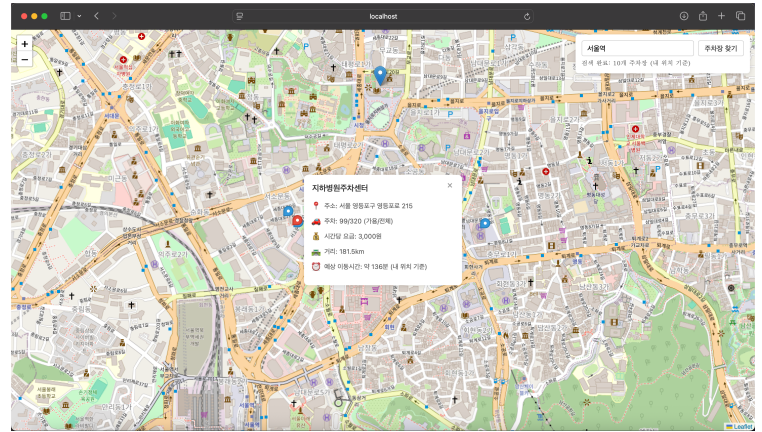


그림 5. 추천 리스트 화면

IV. 논의 및 향후 연구

본 연구에서 구현한 시스템은 주변 주차장 혼잡도 시각화와 추천 알고리즘을 통합하여, 사용자가 보다 효율적으로 주차장을 탐색할 수 있도록 돕는다.

-향후 연구 방향-

향후 연구에서는 IoT 센서를 활용하여 각 주차장의 실시간 주차 가능 대수를 연동하고, 지자체 공공 데이터 및 외부 교통 API와의 연계를 통해 정보의 정확성과 활용성을 높이고자 한다. 또한 모바일 애플리케이션과의 연동을 통해 실시간 푸시 알림 기능을 제공함으로써 사용자 편의성을 강화할 예정이다. 더불어 사용자 인증 및 데이터 보호 기능을 강화하여 시스템의 신뢰성과 보안성을 향상시키는 방향으로 발전시킬 계획이다.

V. 결론

본 연구에서는 Leaflet.js와 Node.js를 활용하여 스마트 주차 안내 시스템을 설계하고 구현하였다. 추천 알고리즘은 Haversine 공식을 기반으로 하며, 주차장 위치와 혼잡도를 종합적으로 고려해 상위 10개 주차장을 제시한다. 해당 시스템은 스마트 시티 교통 관리와 주차 문제 해결에 실질적인 기여가 가능하며, 향후 실시간 데이터 연동을 통해 완성도를 높일 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 (재)전북테크노파크 재원을 지원받아 수행된 지역특성화산업 전문인력양성사업 연구 결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 남문현, 이후진, “오픈 플랫폼 기반의 스마트 주차시스템 설계 연구,” 전자공학회 논문지, 제56권 제5호, pp. 67-74, 2019.
- [2] 유성은, “사용자 선호도 기반의 스마트 주차 공간 안내 시스템,” 한국산업정보학회 논문지, 제24권 제5호, pp. 102-110, 2019.
- [3] 이면성, “사물인터넷(IoT) 기반 스마트시티 실증서비스 주요 현황 및 사례,” 한국통신학회지(정보와 통신), 제34권 제8호, pp. 45-52, 2017.
- [4] 이충산, 한영택, 전수빈, 서동만, 정인범, “사물인터넷에서 초음파 센서와 블루투스 통신을 이용한 스마트 주차 시스템,” 정보과학회 컴퓨터의 실제 및 레터스, 제22권 제4호, pp. 212-219, 2016.