

엣지 컴퓨팅 기반 클라우드 주차관리 시스템

박길한*, 김희동*, 윤세린*, 이재환*, 정소연*

*성균관대학교 컴퓨터교육과

a01152a@skku.edu, ruthetum@skku.edu, myris@skku.edu,

chrisjae508@skku.edu, soyeon0130@skku.edu

Edge computing based Cloud Parking Management System

Gilhan Park*, Heedong Kim*, Serin Yoon*, Jaehwan Lee*, Soyeon Jeong*

*Department of Computer Education, Sungkyunkwan University

요 약

급격한 차량 수요의 증가로 인한 주차공간의 부족으로 인력기반 주차관리의 한계점을 이용한 여러 위법 행위가 발생함에 따라 관리자의 정기적인 순찰 및 관리의 필요성이 증가하고 있다. 기존 인력기반 주차관리 시스템은 관리자에게 전적으로 의존하고 있어 관리의 정확도 및 효율성이 비교적 낮다. 본 논문에서는 엣지 컴퓨팅 기반의 클라우드 주차관리 시스템을 제안하며, 이는 효율적인 주차관리를 통한 시간과 노동력 절감에 기여한다. 본 시스템이 제공하는 주요 기능은 다음과 같다. 1) 주차구역 및 주차 차량 정보를 분석하여 입·출차를 관리하고 관리자에게 실시간 주차 현황 정보를 제공한다. 2) 추출된 차량 정보를 바탕으로 부정주차 여부를 감지하여 지정주차 구역 관리를 자동화한다. 3) 관리자에게 시간대별 주차구역 점유율 정보를 제공하여 거주자의 가용 주차공간을 확보한다. 4) 거주자의 선호 주차구역 및 시간대를 파악하여 거주자의 주차 편의성을 제공한다. 위 기능을 통해 기존 주차관리의 비효율성을 개선하고자 한다.

1. 서론

사회가 고도화되고 경제적 발달이 이루어지면서 차량 수요가 급증하여 인구가 밀집된 대도시의 주차 문제가 심화되고 있다. 이에 충분한 주차공간이 확보되어 있지 않으면 주차공간을 이용하는 운전자들의 안정적인 주차가 어려워 이들의 시간적, 비용적 손실이 증가하고 있다. 또한, 주차시설 및 공간의 부족으로 인해 지정 주차구역 부정주차, 외부인의 무단 장기주차 등 인력기반 단속의 한계점을 이용한 다양한 위법 행위가 발생하여 사회적 문제로 이어지고 있다.[1] 따라서 주차공간 관리자는 주기적으로 주차구역을 순찰하고 일일이 관리하여야 한다.

관리자에게 전적으로 의존하는 기존의 주차관리 시스템의 취약점은 관리자가 기억 및 주관에 의존하여 관리하는 경우가 잦으며, 높은 시간 및 노동력의 투자가 요구된다는 것이다.[2] 이러한 관리는 정확도가 떨어지며 효율적이지 못하다. 따라서 현재 주차관리 시스템을 자동화하여 관리의 효율성을 증진시

킬 필요가 있다.

본 논문은 1장 서론에 이어 2장 엣지 컴퓨팅 기반 클라우드 주차관리 시스템, 3장 시스템 구축 방법, 4장 결론 순으로 기술하여 효율적인 주차관리를 위한 엣지 컴퓨팅 기반의 거주자 주차관리 시스템을 설계하고 구축한다.

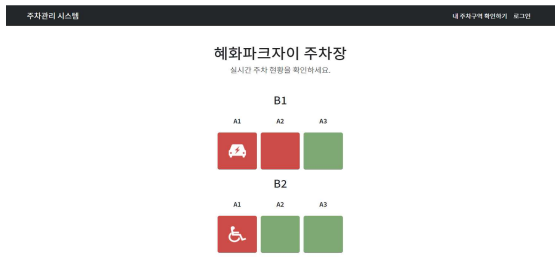
2. 엣지 컴퓨팅 기반 클라우드 주차관리 시스템

기존 주차관리 시스템의 관리 비효율성 개선을 위해 본 시스템은 아래의 기능을 제안한다.

2.1. 주차구역 및 차량 정보 분석의 자동화

주차구역에 차량이 주차한 경우 차량 종류(거주자/방문자, 전기자동차/장애인 차량)를 무인 기반으로 파악하고 추출한 번호판 정보를 관리자에게 제공한다. 차량의 입·출차 정보를 활용하여 관리자, 거주자, 방문자에게 전체 주차면 실시간 주차 상황 정보를 제공한다. 주차구역과 추출된 차량 정보를 분석

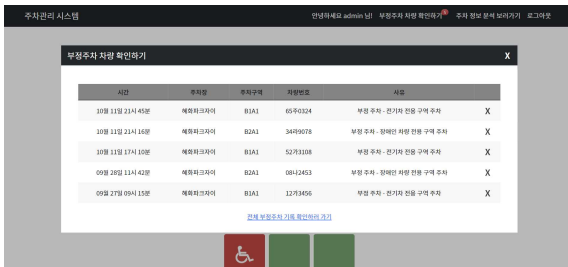
하여 관리자에게 부정주차 차량 정보를 제공하고, 거주자에게는 자신의 차량 위치 정보를 제공하여 주차공간 이용의 편의성을 제공한다.



(그림 1) 주차구역 및 차량 정보 제공 화면

2.2. 지정주차 공간 관리

기존 입력기반 주차관리가 입·출차만 단순하게 관리하였다면 본 시스템에서는 전기자동차 전용구역, 장애인 차량 전용 주차구역 등 지정주차 공간에 대해 구분해서 관리해주는 과정을 자동화한다. 차량 정보에 따른 부정주차 여부를 파악하여 부정주차가 발생한 경우 관리자에게 SMS, 이메일 및 웹 페이지 알림 서비스를 통해 신속한 정보 제공 및 후속조치의 선택권을 부여한다.



(그림 2) 부정주차 차량 정보 제공 화면

2.3. 시간대별 주차구역 점유율 정보 제공

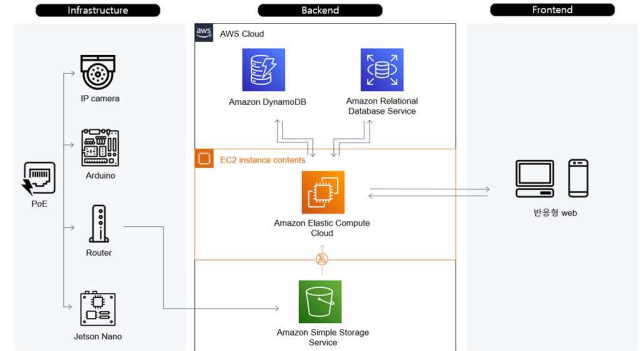
관리자에게 최근 6개월간 시간대별 주차구역 점유율에 대한 통계 정보를 제공한다. 이를 통해 시간대별 주차구역의 가용성과 기간별 주차구역의 가용성을 확인하여 관리자에게 누적된 점유 현황을 제공할 수 있다.

2.4. 거주자 주차구역 우선 확보

거주자가 우선 주차할 수 있도록 수집된 시간대별 주차공간 사용 정보를 분석하여 거주자의 가용 주차공간을 파악한다. 방문자에게는 거주자의 활용도가 낮은 주차구역을 유도하여 거주자의 주차 가용성을 향상시킨다. 이는 관리자의 역할 중 하나인 거주자

의 가용주차구역 확보 기능을 수행할 수 있다. 또한, 거주자는 주차 데이터를 바탕으로 한 선호 주차구역의 주차 현황 및 예측 정보를 제공받을 수 있다.

3. 시스템 구축 방법



(그림 3) 시스템 구성도

본 시스템은 주차 현황 및 차량 정보 추출을 위한 주차 인프라와 2차 검증 및 데이터마이닝을 위한 백엔드, 관리자에게 서비스를 제공하기 위한 프론트엔드로 구성된다.

3.1. 차량 정보 추출

주차 인프라를 통해 차량 정보를 추출하여 차량의 입·출차 정보를 감지하고 주차 현황을 파악해야 한다. 위 목표를 달성하기 위해 다음 세 가지 기술을 활용하였다.

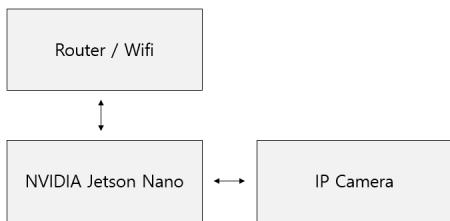
3.1.1. MQTT

MQTT란 경량의 Publish/Subscribe 메시징 프로토콜이며, 여러 토픽을 관리해야 하는 IoT 기기 간 통신에 적합하다. 본 시스템에서는 MQTT 프로토콜을 사용하여 차량의 주차/출차 상태 및 위치 정보를 실시간으로 수집할 수 있는 시스템을 설계하고 구현하였다. 아두이노가 주차구역 바닥 면에 고정된 초음파 센서에서 얻은 차량 감지 정보를 메시징하여 Publish하면 MQTT 브로커를 통해서 메시지를 젓슨 나노(Jetson Nano)에 전송한다. TCP/IP 기반으로 대역폭이 작은 네트워크에서 동작할 수 있다는 장점이 있어 주차정보를 주고받아야 하는 옛지 디바이스 간 가벼운 통신을 할 수 있다는 장점이 있다.[3]

3.1.2. Edge computing

본 시스템에서는 고해상도의 IP카메라(DAHUA

IPC-HFW)를 사용하여 물체 인식 및 번호판 텍스트 검출을 위한 이미지를 얻는다. 이후 그 이미지를 분석하기 위해 NVIDIA에서 제공하는 엣지 디바이스인 젯슨 나노를 활용하였다. 주차장에서 공간을 많이 차지하는 대형 컴퓨터를 사용하는 것은 공간적으로 손해이다. 공간적인 문제점을 해결하면서 위의 기능을 구현하기 위해 인공지능 연산을 처리할 수 있는 쿠다-X(CUDA-XTM)을 기반으로 하는 강력한 소형 AI 컴퓨터인 젯슨 나노를 사용하였다.



(그림 4) 하드웨어 구성도

3.1.3. Object detection & OCR

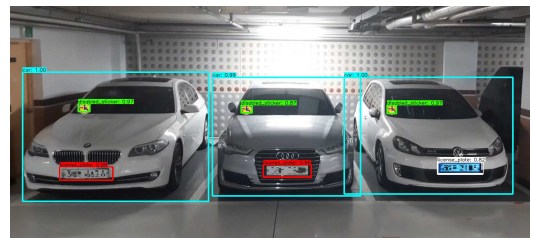
지정된 주차공간을 관리하기 위해 지정 차량(전기자동차/장애인 차량)을 구분해야 한다. 차량의 종류를 파악하고 거주자와 방문자를 구분하기 위해 세 가지 아이디어를 고안했다. 첫 번째로 장애인 차량을 감지하기 위해서 차량과 ‘장애인 전용 주차구역 주차표지’를 인식해야 한다. 차량 인식 모델 학습을 위해 차량 이미지 2,600장을 사용하였다. ‘장애인 전용 주차구역 주차표지’를 인식하기 이미지 50장을 수집한 후 이미지 어그멘테이션(augmentation) 기법을 통해 약 1,000장의 학습 데이터셋을 구성했다.

물체 인식 모델로는 실시간 물체 탐지에 적합한 You Look Only Once(YOLO)[4]을 선택했고, 그중 인식 성능 및 속도가 많이 개선된 YOLOv4 버전을 사용하였다. 또한, 엣지 디바이스 추론 환경 구성에 최적화하기 위해 ‘TensorFlow Lite’ 프레임워크를 사용하였다. ‘TensorFlow Lite’는 IoT에서 구동하기 위해 TensorFlow를 경량화시킨 버전으로, 빠른 연산 속도와 작은 Binary Size를 특징으로 가진다.

두 번째로, 전기 자동차를 감지하기 위해서 전기 자동차의 특징인 파란 색상의 번호판을 인식해야 한다. 일반 차량의 번호판 색인 흰색과 구분하기 위해서 차량의 번호판을 인식한 후, OpenCV의 RGB 색상 표현 방식을 통해 색상을 구분하였다. 흰색과 검은색이 이진화된 색상 값과 가깝다는 특징을 활용하여 흰색과 검정 색상을 제거하고 남은 색상의 비율

이 파란색이 많은 경우에는 전기차로 인식하는 알고리즘을 구현했다.

세 번째로, 거주자와 방문자를 구분하기 위해서는 차량 번호를 알아야 한다. 인식된 차량의 번호판 이미지를 통해 텍스트를 추출할 수 있는 OCR 기술을 사용하였다. 본 시스템에서는 RNN 모델을 사용하지 않고 CNN 모델을 기반으로 한 LPRNet[5]을 사용하여 문자 및 숫자를 인식할 수 있는 모델을 활용하였다. LPRNet은 Google Vision API와 비교하였을 때 사진 문자 분할이 없고, Pre-Segmentation 과정이 필요 없어 빠른 처리가 가능하다는 장점이 있다. 또한, 측면의 번호판 검출 정확도 향상을 위해 Transformer Layer를 통해 기울어진 번호판을 수평으로 변형하여 처리한다.



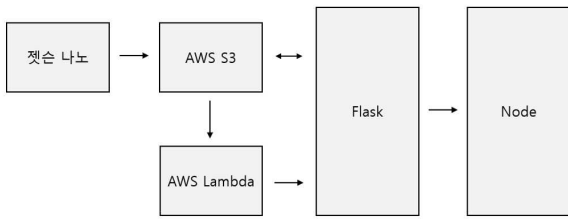
(그림 5) 차량 인식 결과



(그림 6) OCR을 통한 텍스트 추출

3.2. 2차 검증

엣지 디바이스의 과부하로 인한 오류 등의 원인으로 인해 차량의 번호판을 제대로 인식하지 못하거나 번호판 텍스트를 정확하게 추출하지 못한 경우 검출 과정을 재차 진행하여 정확한 차량 정보를 추출한다. 엣지 디바이스에서 차량 정보를 1차 추출하고, 차량 정보와 함께 해당 정보의 신뢰도 값(LPRNet)을 AWS S3에 저장한다. AWS S3에 새 데이터가 들어오면 AWS Lambda가 이를 인식하여 데이터를 Flask 서버로 전송한다. 신뢰도 값이 0.5 이상인 경우 바로 NodeJS(Express)로 차량 정보를 전송하고, 신뢰도 값이 0.5 미만인 경우 Flask 서버 내에서 LPRNet 번호판 검출 딥러닝 모델을 사용하여 차량 정보를 2차 추출한 후 NodeJS(Express)로 차량 정보를 전송한다.



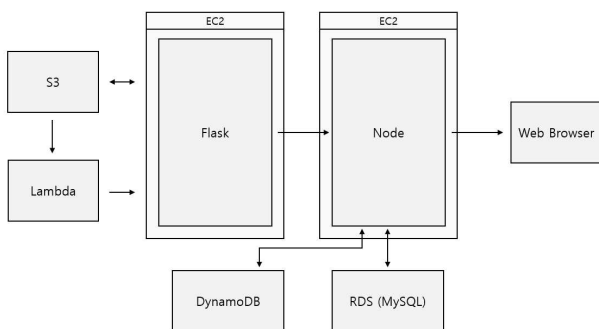
(그림 7) 2차 검증 과정

3.3. 데이터마이닝

본 시스템의 주요 목적은 무인 주차관리를 통해 관리자의 부담을 덜고 관리의 효율을 높이는 데 있다. 이를 위해 DB에 축적된 주차정보를 바탕으로 데이터 간 관계를 발견하고 관리자에게 제공한다. 최근 6개월간의 주차정보를 조회하여 30분 단위의 시간대별 주차구역의 점유율을 분석한다. DB에 저장된 거주자의 차량 정보를 이용하여 거주자, 방문자의 주차정보를 포함한 점유율과 거주자의 주차정보만 포함한 점유율을 별도로 계산할 수 있다. 관리자는 거주자의 점유율 그래프를 통해 거주자의 선호 구역을 확인할 수 있다. 또한, 방문자가 자신의 예정 주차 시작 시각과 주차 기간을 입력하면 거주자의 사용률이 낮았던 주차구역으로 유도하여 거주자 우선 주차구역 확보에 기여한다.

3.4. 웹 애플리케이션

(그림 8)과 같이 웹 애플리케이션을 구현하여 서비스 이용자에게 실시간 주차 현황, 부정주차 차량 정보, 시간대별 주차구역 점유율 정보 등의 서비스를 제공한다



(그림 8) 웹 애플리케이션 구성도

4. 결론

사회의 고도화 및 경제 발달로 인해 차량 수요가 급증했고, 인구 밀집 지역의 주차 문제가 증가하고 있다. 이러한 주차시설 및 공간 부족 문제는 지정

주차구역 부정주차, 외부인의 무단 장기주차 등의 문제로 이어지고 있다. 이로 인해 주차공간 관리자의 주기적인 주차구역 관리의 필요성이 증가하고 있다. 기존의 인력기반 주차관리 시스템에서는 이러한 문제를 해결하는 과정에서 비효율적인 시간과 비용이 투자된다.

이에 본 논문에서 엣지 컴퓨팅 기반 클라우드 주차관리 시스템을 제안하였다. 기존 인력기반 관리 시스템의 비효율성 개선 및 거주자 주차 가용성을 향상하여 주차관리의 용이성을 제공한다. 추가적으로 클라우드 기반 관리 시스템을 통해 설치, 장소 그리고 규모에 구애받지 않는 유연하고 확장성 있는 시스템을 제공한다. 현재 시스템의 경우 단일 주차장을 대상으로 주차 및 출차에 대한 정보를 수집하고, 해당 정보를 바탕으로 데이터마이닝을 거쳐 주차면의 시간대별 가용성을 확인하고 있다. 수집 단위의 확장을 통해 인접한 주차장들의 정보를 수집할 수 있고 각 주차장의 시간대별 가용성을 분석하여 활용한다면 공유 주차 서비스 도입 및 주차 문제 해소에 기여할 것으로 기대된다. 또한, 본 시스템에서 사용한 초음파 센서 외에 다양한 유형의 센서를 활용하여 데이터를 수집하고 관리한다면 스마트 시티 구축 및 도입을 촉진할 수 있을 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

“본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.”

참고문헌

[1] 김성희, 김경석, 안인주. "블록형 거주자우선주차제의 주차 효율성에 관한 연구." *대한교통학회지* 37.1(2019):1-12.
 [2] 신우재, 김건우, 김정민. "서울시 주차문제 해결을 위한 주차장 이용 효율 향상 방안 연구." *서울디지털재단 정책연구* 2020-4.
 [3] M. B. Yassein, M. Q. Shatnawi, S. Aljwarneh and R. Al-Hatmi, "Internet of Things: Survey and open issues of MQTT protocol," 2017 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS), 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICEMIS.2017.8273112.
 [4] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 2016, pp. 779-788.
 [5] Sergey Zherzdev, Alexey Gruzdev "LPRNet: License Plate Recognition via Deep Neural Networks" arXiv:1806.10447 [cs], Wed, 27 Jun 2018 12:57:17 UTC.