

LoRa 네트워크를 활용한 주차정보 서비스 시스템

김유찬, 문남미

호서대학교

dbcks2033@gmail.com, nammee.moon@gmail.com

Parking information service system using LoRa network

Kim, yuchan Moon, Nammee

Hoseo University

요약

기존의 물리 센서를 활용한 주차 감지는 주차장 규모가 클수록 큰 비용이 필요하고 이미지 기반의 분석은 개별 주차장에 대한 데이터 라벨링과 학습의 노력이 필요했다. 본 논문은 LoRa(Long Range) 네트워크와 마이크로프로세서를 활용한 IoT기반의 시스템으로 영상데이터를 서버로 전송하고 COCO(Common Object in context) 데이터셋으로 학습된 Mask R-CNN 기반의 모델을 활용한 주차장 내 차량점유 감지 알고리즘을 통해 개별 주차장에 대한 학습 또는 라벨링 없이 주차장 내 주차상태를 식별하고 사용자에게 인터페이스를 통해 실시간으로 주차정보를 제공하는 시스템을 구현한다.

1. 서론

차량의 대수는 꾸준히 증가하고 있지만, 주차공간은 차량의 증가에 발을 맞추지 못해 주차공간의 부족이 사회적 문제가 되고 있으며 이로 인해 주차공간을 찾지 못해 주차장을 배회하여 주차장 내부의 혼잡과 사용자의 불편이 야기된다[1]. 애플리케이션을 통해 주차정보를 제공하는 서비스를 통해 주차공간을 찾는 시간을 줄여 편의를 도모할 수 있으나 기존의 물리 센서 기반의 감지와 카메라를 활용하는 이미지 기반의 감지 모두 큰 비용과 노력이 요구되어 스마트 주차장의 보급에 발목을 잡고 있으므로 실질적인 정보제공이 어려운 기존 주차정보 서비스는 널리 사용되지 못하고 있다.

때문에, 본 논문에서는 COCO 데이터 셋으로 학습된 Mask R-CNN 기반의 객체 감지를 통한 주차장 내 차량점유 감지 알고리즘으로 개별 주차장 공간에 대한 별도의 학습이나 라벨링 없이 주차 여부를 감지하며 소량의 데이터를 장거리 전송하는데 적합한 LoRa[2] 네트워크를 활용한 IoT 기반의 시스템으로 스마트 주차장 구축에 필요한 비용과 노력을 최소화하는 것을 목표로 한다.

2. 관련 연구

기존의 차량점유 여부 감지에는 크게 센서 기반의 감지와 카메라를 통한 이미지 기반의 감지가 사용되었다[3]. 센서 기반의 감지는 주차 슬롯 근처에 센서를 설치하거나 매설하는 방식으로 차량을 감지하며 주차 시설의 규모가 클수록 큰 비용과 관리 소요가 발생한다[4].

이미지 기반의 감지는 카메라 시스템이 사용되며 장애물이 없고 많은 주차 면수를 감지할 수 있는 환경에서 유리하다. 또한, 차량의 종류나 동승자 여부 차량 번호와 같은 추가적인 정보를 센서 기반의 감지에 비해 쉽게 수집할 수 있다.

주차공간 내 차량점유 여부를 감지하기 위한 알고리즘의 학습에 주로 주차공간 기반의 감지는 PK_Lot, CNRPark와[3] 같은 데이터 셋이 사용된다. 그 중 CNRPark는 12,584개의 패치로 구성된 데이터 셋과 확장 버전인 144,965개의 패치가 포함된 CNR-EXT로 구성된다. 주차공간의 패치가 차량점유 상태와 비 점유 상태로 분류되어 있으며 각 패치는 다양한 기상조건과 그림자, 가로수 등과 같은 장애물 패턴을 포함한다.

CNRPark를 통해 학습된 감지 알고리즘은 주차 슬롯에 차량의 존재 여부를 파악할 수 있으나, 주차 가능 공간의 위치를 찾기 위해 개별 주차 시설에 대한 모델의 학습 및 라벨링이 필요하여 큰 노력이 필요하다[4].



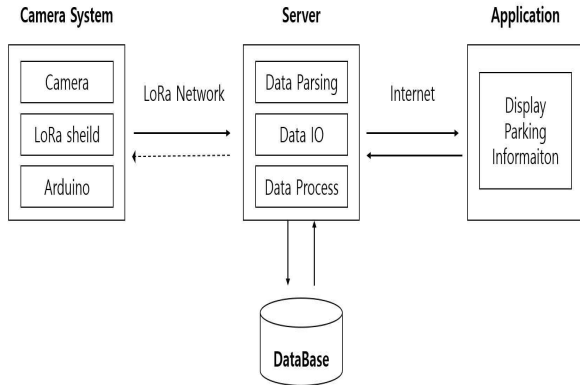
데이터 세트의 예.

<그림 1> CNRPark 데이터 셋 패치

3. 주차정보 서비스 시스템

3.1 시스템 개요

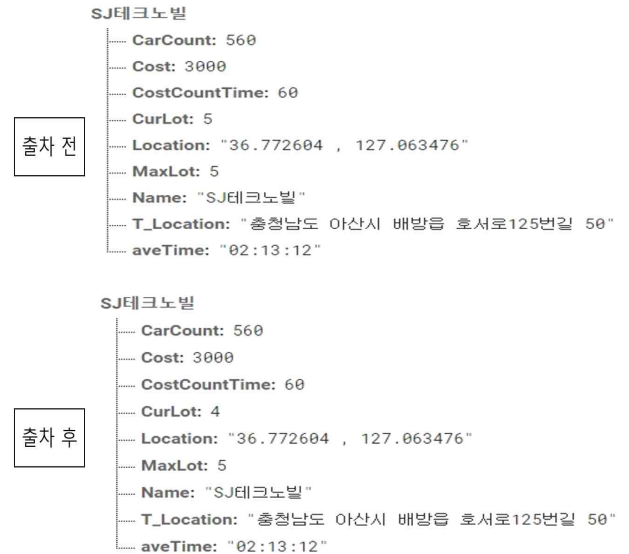
시스템의 전체적인 구성은 그림 2와 같다. 주차장의 상태의 비디오 프레임은 서버로 송신하는 카메라 시스템과 수집된 데이터를 수신하여 프로세싱한 뒤 주차장의 현재 상태를 데이터베이스에 업데이트하는 서버, 사용자의 요청에 따라 주차정보를 제공하는 사용자 애플리케이션으로 구성된다.



<그림 2> LoRa 기반 주차정보 시스템 구성도

카메라 시스템은 아두이노와 카메라, LoRa 모듈로 구성된다. LoRa 모듈은 최대 10km 이상 장거리 양방향 통신이 가능한 저전력 통신 모듈로 소량의 데이터를 자주 전송할 때 적합하다. LoRa 모듈은 제어를 위한 마이크로프로세서와 주차장 이미지를 수집하기 위한 카메라와 함께 구성된다. 카메라 화각 내의 주차장 상태를 촬영한 뒤, LoRa 네트워크를 통해 서버로 비디오 프레임을 전송한다. 규격에 맞춰 촬영된 비디오 스트림을 1초에 1프레임으로 제한하고 스택에 쌓아 10초마다 송신한다. 카메라 시스템에서 송신한 정보는 해당 주차장 코드, 시간, 비디오 프레임으로 구성되어 있다.

서버는 수신한 데이터의 무결성을 점검하고 비디오 프레임을 분석하여 주차공간 점유 상태에 변화가 있다면 DB에 업데이트한다. DB는 주차장의 이름으로 검색하여 이용 누계, 가격, 지급 기준시간, 현재 사용 면수, 최대 사용 면수, 위치, 평균 주차시간의 하위 속성을 가지고 있다. 서버는 클라이언트의 요청에 따라 애플리케이션을 통해 사용자에게 주차정보를 제공한다. 애플리케이션에 관한 내용은 3.3에서 다룬다.

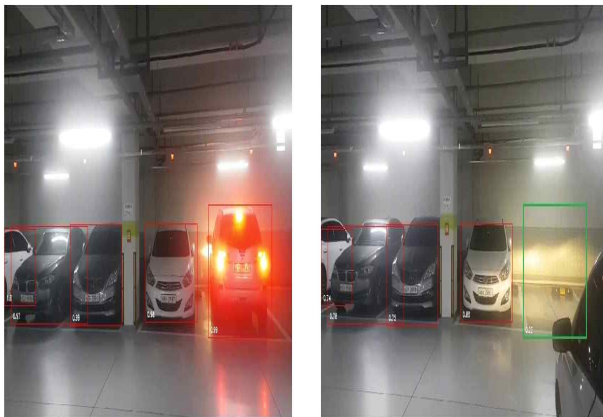


<그림 3> 데이터베이스 업데이트 예시

3.2 주차공간 인식

주차공간이 점유 상태인지 비 점유 상태인지 CNRPark나 PK_Lot와 같은 데이터 셋으로 모델을 학습시켜 해당 패치의 주차상태를 판단할 수 있지만, 주차장에서 주차 가능 공간이 어디인지 이미지 프로세싱을 통해 주차 슬롯을 찾아내기는 쉽지 않아 개별 주차장에 대한 라벨링과 모델 재학습이 필요하기 때문에 확장성이 떨어진다. 본 논문에서는 주차공간을 탐지하는 것에 초점을 두지 않고, 차량 객체를 탐지하여 움직이지 않는 차량의 좌표를 주차 가능 공간으로 설정한다. 객체 인식기반의 주차 점유 상태를 감지를 통해 추가적인 모델의 수정 없이 주차공간을 인식한다.

카메라 시스템으로부터 LoRa 네트워크를 통해 수신된 비디오 프레임에서 차량 객체 탐지에는 COCO 데이터 셋으로 사전에 학습된 Tensorflow 기반의 Mask R-CNN 모델을 사용한다. Mask R-CNN 모델은 객체를 감지했을 때 감지된 객체의 타입, 신뢰도, 객체의 경계상자 좌표를 반환한다. 모델이 객체를 감지해 반환한 코드가 차량인 경우만 추적하도록 하며 추적되는 차량 객체의 프레임 간 이동 여부로 차량의 상태를 판단한다. 프레임 간의 이동이 없어 주차상태로 판단되면 해당 차량 객체가 위치한 공간은 주차 가능 공간으로 설정된다. 모델이 객체를 감지할 때 반환된 경계상자의 좌표를 기준으로 주차 가능 공간으로 설정한다. 이후 비디오 프레임의 해당 좌표에 차량 객체가 감지된다면 점유 상태로, 감지되지 않는다면 비 점유 상태로 데이터베이스에 업데이트한다.



<그림 4> 주차공간 점유 상태감지 예시

그림 5는 주차공간 점유 상태감지 알고리즘의 의사코드이다. Mask R-CNN 모델로 프레임 내의 객체를 모두 감지한 뒤 객체의 id가 차량에 해당하는지 확인한다. 이후 주차공간으로 인식된 좌표와 감지된 차량 객체의 경계상자의 좌표가 겹치는 정도를 Mask R-CNN 라이브러리에 구현되어있는 IOU(Intersection Over Union)를 계산한다. 그리고 순회하며 주차공간과 객체 간의 IOU 점수의 최댓값이 일정 수치 이하라면 해당 주차공간은 비어있는 것으로 판단한다.

```

results = detection objects by model

for all results
    if result id is vehicle
        car_box +=object's box

Overlaps = calculate IOU parking spaces and car_box

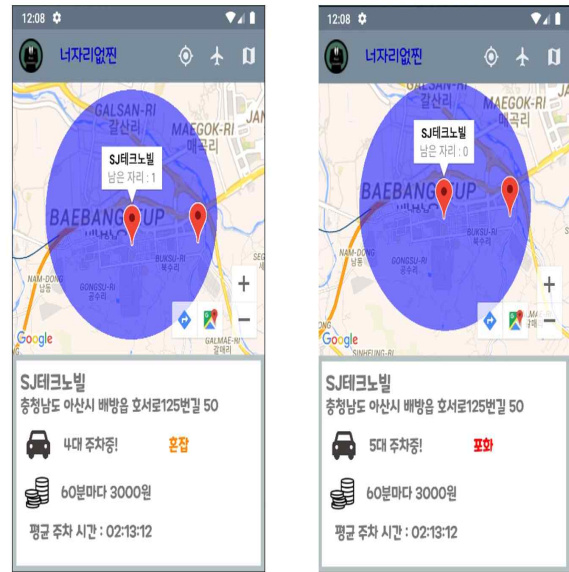
for all parking spaces
    if the maximum value of this area overlap < 0.15
        free_space = True
        show the box this area in green
    
```

<그림 5> 주차공간 점유 상태감지 알고리즘 의사코드

3.3 사용자 애플리케이션

사용자 애플리케이션은 사용자의 요청에 따라 데이터를 제공하며 애플리케이션 UI를 통해 GPS를 기준으로 잔여 주차공간이 있는 가장 가까운 주차장을 추천받거나 특정 주차장을 선택하여 해당 주차장의 잔여 공간이나 평균 주차시간과 같은 주차정보를 시각적으로 제공받을 수 있다. 그림 6은 위치를 기준으로 2km 안의 등록된 주차장과 주차장의 정보를

실시간으로 확인하는 예시이다.



<그림 6> 사용자 애플리케이션 예시

4. 결론

본 논문에서는 기존 주차정보 서비스 시스템에 저전력 저비용의 특성을 가진 장거리 통신망인 LoRa 네트워크를 활용하고 객체에 초점을 맞춘 Mask R-CNN 기반의 주차공간 점유감지 알고리즘을 통해 높은 확장성으로 기존의 주차 감지 시스템보다 비용과 노력을 최소화하는 시스템을 구현하였다. 이를 통해 스마트 주차장 보급에 기여하고 주차공간 탐색으로 인해 발생하는 사회적 비용감소의 효과를 기대한다.

주차장 환경이 아닌 도로변에 주차 슬롯 없이 주차하는 환경에서는 정확하게 주차공간을 설정하지 못하는 한계가 있지만, 주차위반이 자주 발생하는 구간에서 고정된 카메라의 화각에 좌표를 마스킹하여 주차위반을 감지하는 방향의 확장도 가능하다. 주차공간을 객체의 좌표 기준으로 설정하기 때문에 초기의 차량이 정확한 위치에 주차하지 않는다면 이후 주차 감지의 정확도가 떨어지기 때문에 추후 주차공간 설정 알고리즘의 개선이 필요하다.

Acknowledgments

본 연구는 과학기술정보통신부와 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(2019-0-01834)

5. 참고문헌

[1]Graham Cookson: "Smart Parking - A Silver Bullet for Parking Pain". <https://inrix.com/blog/2017/07/parkingsurvey/>.

[2]Georgiou, Orestis, and Usman Raza: "Low power wide area network analysis: Can LoRa scale?." IEEE Wireless

Communications Letters 6.2. pp. 162-165, 2017.

[3]CNRPark / <http://cnrpark.it/>

[4]De Almeida, Paulo RL, et al.: "PKLot-A robust dataset for parking lot classification." Expert Systems with Applications. 1:42(11):4937-49, July, 2015.

[5]AMATO, Giuseppe, et al: "Deep learning for decentralized parking lot occupancy detection." Expert Systems with Applications, 72: 327-334, 2017.

[6]HE, Kaiming, et al: "Mask r-cnn. In: Proceedings of the IEEE international conference on computer vision." p. 2961-2969, 2017.