

딥 러닝 기반 영상처리를 통한 스마트 항만 주차정보시스템 설계 및 구현

구창훈*, 정윤주*, 이동건**†

*(공동 1 저자) 인하대학교 아태물류학부

** (공동 1 저자) 인하대학교 정보통신공학과

rnckdrnckd32@naver.com, wjddw141@naver.com, spaces@kakao.com

Through deep learning-based video processing, Design and implementation of Smart Port Parking Information System

Changhun Koo*, Yoonjoo Jung*, Donggeon Lee**†

*(Co-First-Author) Asia Pacific School of Logistics, Inha University

** (Co-First-Author) Dept. of Information and Communication Engineering, Inha University

요 약

최근 울산항에는 화물차가 정해진 화물차 주차장이 아닌 항만 내외에 불법주차하는 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 본 논문은 이러한 문제를 해결하고자 화물차 주차장 이용을 활성화하는 방안을 연구하였다. 이에 따라 화물차 주차장의 주차 현황을 실시간으로 제공하는 딥 러닝(YOLOv4) 기반 영상분석방식의 스마트 항만 주차정보시스템을 제안한다. 더불어, 제시한 방안을 통해 주차장 이용이 활성화 되었을 때의 사회적 가치를 산정하여 기존과 비교하였다.

1. 서론

1-1. 기존 화물차 주차장에 대한 인식

선박에서 컨테이너 하역 시 효율적인 시간·공간 관리를 위해 화물차 운전자들에게 주차 공간은 매우 중요하다. 그러나 현재 컨테이너 터미널은 사전 예약 방식에 따라 선착순으로 업무처리를 하기 때문에 컨테이너 상·하역 시 화물차 운전자들의 물류 대기시간이 예상보다 지연될 가능성이 있다.

또한, 항만 주변 화물차 주차장 시설이 부족하고 시스템이 체계화 되어있지 않아 화물차의 불법주정차 문제가 생기고 있고, 이로 인해 항만 주변 주민들은 화물차와 주차장에 대해 부정적인 인식을 가지고 있다.

1-2. 기존 화물차 휴게시설 현황

정부는 2003 년 5 월 화물연대의 집단운송 거부를 계기로 세 차례에 걸쳐 화물차 휴게시설 확충계획을 수립하였다.^[1] 2019 년 기준 국내 화물차 휴게소는 32 개소를 운영 중이고, 1 개소를 건설 중이며, 화물자동차 공영 차고지는 24 개소를 운영, 23 개소를 건설하고 있다.^[2]

그러나 이러한 노력에도 불구하고 화물자동차 운전자들은 졸음운전 및 불법주정차로 인한 안전사고 예방과 근로여건 개선을 위해 화물차 운전자 휴게 및 주차 공간의 확충을 지속해서 요구하고 있다. 한국교통연구원에서는 화물자동차 운전자의 근로여건 개선과 안전사고 예방을 위해 정부의 화물자동차 휴게시설 공급 기준의 개선을 위해 시뮬레이션 분석을 통해 화물자동차 운행경로 상에서 1 시간 이내에 접근 가능한 휴게공간을 선정하려는 시도를 하고 있다.^[1]

1-3. 기존 화물차 주차장의 개선 필요성

운전자들의 근로여건을 개선하고 불법주정차 문제를 해결하기 위해서 주차 공간을 증설해야 한다. 그러나 현재 국내 화물자동차 휴게소 및 공영주차장 구축은 중앙정부 및 지자체를 중심으로 5 년 단위로 계획이 수립되며^[1], 화물자동차 휴게소와 공영 차고지는 국토교통부의 선정 기준에 따라 설치된다. 공공성을 목적으로 계획을 수립하기 때문에 임의로 휴게소나 공영 차고지를 증설하기 어렵다. 또한 국토교통부의 화물차 휴게소 사업은 경제성 부족으로 인해 취소되는 사례가 있으며, 경제성 확보를 위한 개선방안 마련이 필요하다.^[2]

† 교신저자(Corresponding Author)

1-4. 연구의 목표

화물차를 위한 인프라를 확충하고 주차 공간에 대한 정보를 가시화하여 화물차 운전자에게 제공한다면, 운전자가 편리하게 주차장을 이용하여 근로 여건을 개선할 수 있을 뿐 아니라 불법주차도 줄어들어 주민들의 불만을 해결하고 화물차 주차장에 대한 인식을 개선할 수 있다.

본 연구의 목표는 화물차가 상하차 작업을 대기하는 동안의 항만 주차 공간을 제공하기 위해 스마트 주차정보시스템을 도입하여 운전자들의 주차장 이용률을 증가시키고 최종적으로 항만 내외의 불법주차 문제를 해결하는 것이다.

화물차 주차장의 이용률이 증가한다면, 주차 공간을 찾기 위한 운행 거리와 통행 시간을 단축하여 운행 비용과 시간을 절감하고 환경오염과 사고를 감축할 수 있다. 이렇게 얻을 수 있는 사회적 편익들은 화물차 운전자들과 주변 주민들의 지불용의(Willingness To Pay)를 자극하여 경제적 가치를 확보할 수 있다.

이렇듯 경제성을 위해 항만 출입 화물차의 효율적인 주차 공간 확보해야 한다. 본 논문에서는 울산 신항 화물차 휴게소 내 주차정보를 실시간으로 수집하여 화물차 운전자나 스마트폰으로 주차 공간을 확인하고 이용할 수 있도록 딥 러닝 기반 영상처리를 통해 스마트 항만 주차정보시스템 설계 및 구현하였다.

2. 설계 및 구현

2-1. 주차정보시스템

주차정보시스템이란 주차정보의 수집, 처리, 전달을 수행하고 주차장의 위치 및 주차장 상황에 관한 정보를 운전자에게 제공하여 빠른 주차장 찾기가 가능토록 지원해주는 시스템이다.^[3] 주차정보를 수집하는 방식에는 다양한 방식들이 연구되어 왔지만, 본 논문에서는 영상분석 방식을 통해 주차정보시스템을 구현하였다.

2-2. 주차선 검출 및 주차면 구분 알고리즘

영상에서 에지(edge)는 이미지의 밝기에 대한 픽셀 값이 급격히 변화하는 부분을 가리킨다. 즉, 어두운 영역에서 갑자기 밝아지거나 밝은 영역에서 급격하게 어두워지는 부분을 말한다.^[4]

일반적으로 주차장은 두께가 있는 흰색 실선을 통해 주차면을 나누는데, 본 연구에서는 이 점에 착안하여 주차선 즉, 에지를 검출하고 각각의 주차면을 구분하였다.

에지를 검출하기에 앞서, 영상을 회색조(grayscale)로 변환하고, 가우시안 흐림(gaussian blur) 효과를 적용하여 영상을 필터링하였다. 회색조 변환과 가우시안 흐림 효과를 적용함으로써 화소(pixel) 하나에 사용되는 데이터의 크기를 줄여 연산량과 연산속도를 낮

출 수 있을 뿐만 아니라, 영상에 나타난 잡음(noise)을 처리하기에도 효과적이다.

전처리 과정을 거친 후, 대표적인 에지 검출 알고리즘인 Canny Edge Detection 알고리즘을 사용하여 경계선을 검출한다

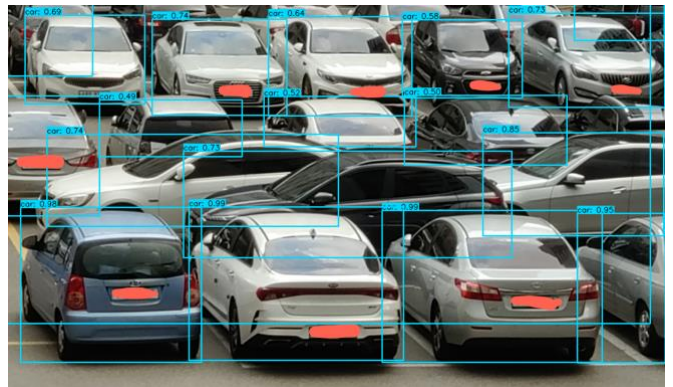
검출한 경계선을 모폴로지 연산(morphological operation) 중 팽창(dilation) 기법을 적용하여 이미지를 팽창시키고, 이진화(binary) 시켜줌으로써 잡음을 제거하고 주차선의 구분을 명확하게 하였다.

그 후, 영상의 모든 외곽선(contour)의 정보와 외곽선의 상하구조(hierachy)를 트리(tree) 계층으로 수집하였다. 트리 계층의 상하구조에서 자식 노드(node)가 없는 것들만 외곽선을 나타냄으로써 주차면을 뽑아내고, 해당 영역들을 관심영역(ROI)으로 설정하였다.

2-3. 차량의 주차 여부 판단

오픈 소스 머신러닝 라이브러리인 TensorFlow와 객체 탐지(object detection) 모델 중 딥 러닝(deep learning) 기반으로 실시간 객체 탐지(real-time object detection)가 가능한 알고리즘인 YOLOv4(You Only Look Once)^[5]를 사용하여 차량의 주차 여부를 판단하였다.

아래 [그림 1]은 주차된 차량을 YOLOv4 로 검출한 결과이다.



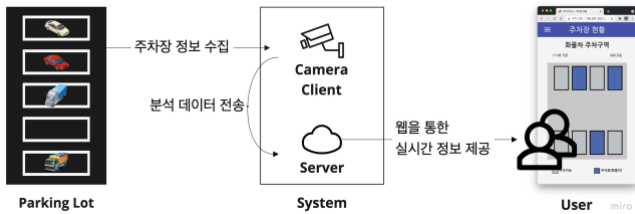
[그림 1] YOLOv4 로 주차장 차량을 검출한 결과

[표 2] 검출한 차량 객체에 대한 confidence score 와 평균

Car object	Confidence score	Average of confidence score
1 번 차량	0.69	0.74
2 번 차량	0.74	
3 번 차량	0.64	
...	...	
15 번 차량	0.95	

[그림 1]에서 YOLOv4 가 모든 차량에 대해 class 를 정확하게 'car'라고 예측한 것을 확인할 수 있다. 예측한 class 에 대한 신뢰도 및 확률을 나타내는 confidence score 는 [표 1]을 통해 확인할 수 있다. confidence score 의 평균은 0.74 로 YOLOv4 가 적절한 정확도를 가진다는 것을 확인할 수 있다.

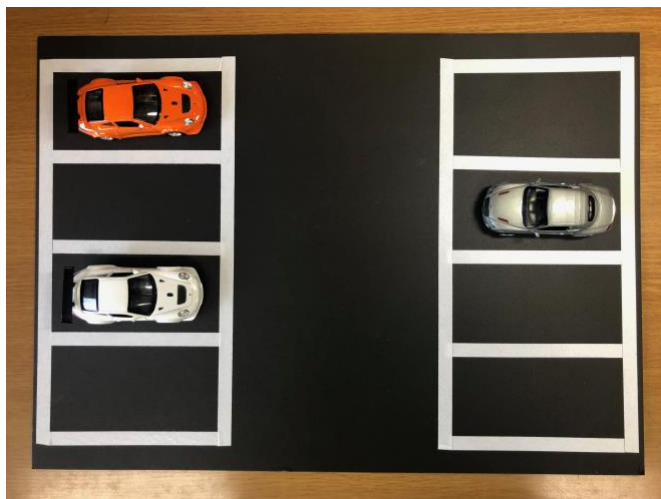
3. 실험



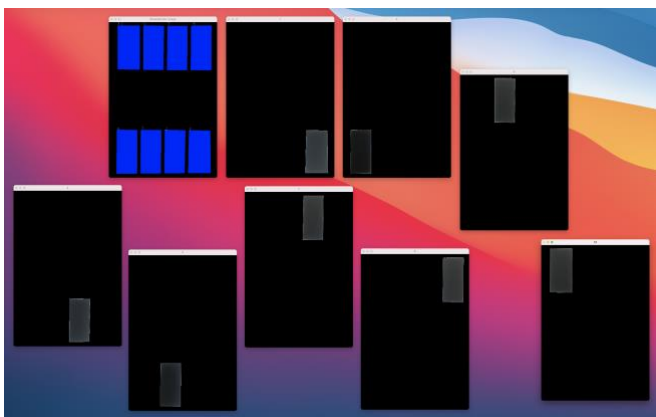
[그림 3] 시스템 흐름도

본 논문에서 설계한 스마트 주차정보시스템은 카메라 클라이언트와 서버, 두 부분으로 나눌 수 있다. 카메라 클라이언트는 카메라로 주차장의 정보를 수집하고, 주차장의 현황을 딥 러닝을 기반으로 실시간 분석하여 전달하는 역할을 한다. 서버는 전달받은 데이터를 적절히 가공하여 웹 페이지 상에 나타내는 기능을 한다.

실험을 위하여, 아래 [그림 3]와 같이 모의 주차장을 제작하였다. 차량은 모형 자동차로 대체하였다.



[그림 3] 모의 주차장



[그림 4] 모의 주차장의 주차선 검출 및 주차면 구분

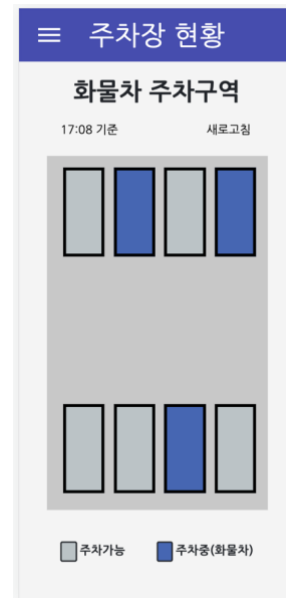
주차장을 분석하는 카메라 클라이언트는 파이썬

(python)을 통하여 구현하였다. 주차장 영상을 처리하기 위해서는 실시간 영상처리 및 컴퓨터 비전 (computer vision)을 목적으로 개발된 라이브러리인 OpenCV(Open Source Computer Vision)를 사용하였다. 아래 [그림 4]은 cv2.Canny 함수와 cv2.findContours 등 OpenCV 가 제공하는 다양한 함수들을 사용하여 주차면을 검출한 결과이다.

TensorFlow 와 YOLOv4 로 차량을 검출한 결과는 requests 모듈을 통해 서버로 전송하였다. requests 는 파이썬에서 HTTP(HyperText Transfer Protocol) 요청을 보내는 모듈이다.

서버는 Vultr 의 호스팅(hosting) 서비스를 이용해서 구현하였다. 운영체제는 우분투(ubuntu) 20.04 를 이용했다. 웹 서버 구현을 위해서 nginx, 파이썬의 장고(django), mariaDB 를 사용했고, 효율적인 유지 보수를 위해서 도커(docker) 시스템을 사용했다. 사용자가 한번 접속해서 오래 사용하는 방식이 아닌, 짧은 접속을 자주 하는 웹 페이지이기 때문에, 새로 고침을 통해 새로운 정보를 조회할 수 있고 최초 접속 속도가 빠른 HTTP 통신 방식으로 웹 페이지를 조회할 수 있도록 하였다. HTTP 통신 과정에서의 기본적인 보안 시스템은 장고에서 제공되는 라이브러리들을 사용하였다.

[그림 3]과 같이 주차장에 차량이 주차되어 있을 때, 카메라 클라이언트에서 각 주차면 별 차량 유무를 분석하고, 분석한 데이터를 서버로 보내어 [그림 5]와 같이 웹 페이지에 나타낸다.



[그림 5] 주차장 현황 안내 웹 페이지

4. 결론

본 연구에서 설계한 스마트 항만 주차정보시스템은 항만 출입 화물차 운전자들의 주차장 사용을 독려함으로써 주차장 이용률과 항만 주변 불법주정차 문제를 간접적으로 해결하기 위해 설계되었다. 카메라 클

라이언트에서 주차장 영상을 실시간으로 받아와 개발한 주차면 검출 알고리즘으로 각각의 주차면을 구분하고, 딥 러닝 기반 물체 검출 알고리즘인 YOLOv4로 차량의 주차 여부를 서버로 전송하여 웹 페이지에 나타낸다. 이를 통해 화물차 운전자는 스마트폰을 통해 시간과 장소에 제약 받지 않고 주차 공간 유무를 실시간으로 확인할 수 있다. 이러한 과정으로 얻고자 하는 결과는 화물차 운전자에게 주차 공간에 대한 정보를 스마트 주차정보시스템을 통해 항상 주차 공간 부족 문제를 해결하고 화물차 운전자들이 컨테이너 상하차 작업을 대기하는 동안 운전자에게 편의를 제공하는 것이다. 또한 항상 주변 불법주정차 문제를 해결함으로써 인근 주민들의 불만을 해소하고 화물차 주차장에 대한 인식을 개선하고자 한다.

4.1. 연구의 한계

주차 공간 유무 정보를 제공하는 것 이외에도 야드 내 컨테이너, 상하차 작업처리 현황 등을 화물차 운전자가 필요로 하는 정보들을 제공하려 하였으나, 컨테이너 작업 현황 정보를 관리하는 UNCT(울산신항컨테이너터미널)의 보안으로 인해 API 및 데이터를 확보하지 못하였다. 상하차 작업 관련 데이터가 개방된다면, 기계 학습(machine learning) 방법의 일종인 지도 학습(supervised learning)으로 과거의 데이터를 분석하여 주차된 차량의 예상 출차시간, 시간대별 예상 주차 현황 등 의미 있는 정보를 제공할 수 있을 것이다.

4.2. 연구 가치 및 기대 효과

[표 2] 편익 산정을 위한 기호 및 계산식 (김호일 2020, 30)

기호 및 계산식	설명
W_1	휴가 및 여가 기능의 사회적 가치 추정 모형 지불 의사액
W_2	불법주정차 단속 감소 기능의 사회적 가치 추정 모형 지불 의사액
N	화물자동차 휴게소 연간 이용 대수
α	주차면 수 이용 비율
$(*) W \times N \times \alpha$	편익 산정 계산식

[표 3] 울산화물자동차 휴게소 편익 산정을 위한 기호 및 계산식 (김호일 2020, 98)

편익 항목	α	총액(원)	편익 차이(원)
휴가 및 여가 기능	0.5	293,566,297	기준값
	0.75	440,349,445	146,783,148
	1.0	587,132,594	293,566,297
불법주정차 단속 감소 기능	0.5	122,620,177	기준값
	0.75	183,940,266	61,310,089
	1.0	245,240,355	122,620,177

본 연구에서 설계한 스마트 항만 주차정보시스템이 화물차 주차장의 이용을 촉진할 것이라고 가정하고,

화물차 주차장 활성화에 따른 화물차 휴게소의 사회적 가치 상승을 계산하였다. 설문 응답자 1인당 1회 평균 지불의사액(WTP, Willingness To Pay)은 휴식 및 여가 기능에서 6,008.5(원/회, W_1)이며, 불법주정차 단속 감소 기능에서는 2,509.7(원/회, W_2)이었다. 지불의사금액을 추정하기 위해 단일경계모형을 사용하였고, [6] 운전자 관련 항목별 편익 산정 계산식(*)을 이용하여 화물차 휴게소의 사회적 가치를 산정하였다.

주차면 수 이용 비율(α)을 3가지^{(1) 0.5, ^{(2) 0.75, ^{(3) 1.00}}로 가정하여 사회적 가치 상승을 계산한 결과, 휴가 및 여가 기능 면에서 기준값 대비 최대 2.9 억 원, 불법주정차 단속 기능 면에서는 최대 1.2 억 원의 편익 차이를 얻을 것으로 기대한다.}

이렇듯, 스마트 항만 주차정보시스템을 이용함으로써 항만 내외 화물차 불법주정차 감소를 기대할 수 있고, 이는 화물차의 공회전 감소로 이어지며 화물차 운전자의 유류비 절감 효과와 더불어 탄소배출 감소를 통한 환경보호비용 절감 효과를 기대할 수 있다. 또한, 화물자동차 운전자들의 근로여건 개선을 위한 지불의사 조사 결과를 바탕으로 스마트 주차정보시스템을 통해 화물차 주차장의 이용률이 증가할수록 화물차 휴게소의 사회적 가치는 늘어날 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 신승진, 박한영, 이정운, 노홍승. "화물자동차 휴게소 공급기준 개선 방안 연구." *교통연구* 제 27 권 제 2 호 (2020): 33-47.
- [2] 국토교통부. 2019. *제4 차 화물자동차 휴게시설 확충종합계획*. 세종: 국토교통부.
- [3] 손승녀, 조용성. "주차정보시스템 활성화 방안." *교통 기술과 정책 = Transportation technology and policy* v.13 no.2 (2016): 66-73.
- [4] 황선규. *OpenCV 4 로 배우는 컴퓨터 비전과 머신러닝*. 서울: 길벗, 2019.
- [5] Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, and HongYuan Mark Liao. "Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection." *arXiv preprint arXiv:2004.10934* (2020): 1-17, <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
- [6] 김호일. 2020. "조건부가치측정법을 이용한 화물자동차 휴게소의 사회적 가치 분석." 박사학위, 인하대학교 물류전문대학원.