

딥러닝 SW 기술을 이용한 임베디드형 융합 CCTV 카메라

손경식¹, 김종원¹, 임재현^{2*}
¹공주대학교 컴퓨터공학부 박사과정
²공주대학교 컴퓨터공학부 교수

Convergence CCTV camera embedded with Deep Learning SW technology

Kyong-Sik Son¹, Jong-Won Kim¹, Jae-Hyun Lim^{2*}

¹Ph.D., Student, Dept. of Computer Science & Engineering, Kongju National University

²Professor, Dept. of Computer Science & Engineering, Kongju National University

요 약 차량 번호판 인식 카메라는 차량 번호판 내 문자와 숫자의 인식을 위하여 대상 차량의 이미지 취득을 목적으로 하는 전용 카메라를 말하며 대부분 단독 사용보다는 서버와 영상 분석 모듈과 결합된 시스템의 일부로 적용된다. 그러나 차량 번호판 인식을 위한 시스템 구축을 위해서는 취득 영상 관리 및 분석 지원을 위한 서버와 문자, 숫자의 추출 및 인식을 위한 영상 분석 모듈을 함께 구성하여야 하므로 구축을 위한 설비가 필요하고 초기 비용이 많이 든다는 문제점이 있다. 이에 본 연구에서는 카메라의 기능을 차량 번호판 인식에만 한정하지 않고 방법 기능을 함께 수행할 수 있도록 확장하고 카메라 단독으로도 두가지 기능 수행이 가능한 Edge Base의 임베디드형 융합 카메라를 개발한다. 임베디드형 융합 카메라는 선명한 영상 취득 및 빠른 데이터 전송을 위해 고해상도 4K IP 카메라를 탑재하고 오픈소스 신경망 알고리즘 기반의 다중 객체 인식을 위한 딥러닝 SW인 YOLO를 적용하여 차량 번호판 영역을 추출한 후 차량 번호판 내의 문자와 숫자를 검출하고 검출 정확도와 인식 정확도를 검증하여 CCTV 방법 기능과 차량 번호 인식 기능이 가능한지를 확인 하였다.

주제어 : LPR 카메라, CCTV, 융합, Edge Base, 임베디드, 영상 분석 모듈, 딥러닝 SW 기술

Abstract License plate recognition camera is dedicated device designed for acquiring images of the target vehicle for recognizing letters and numbers in a license plate.

Mostly, it is used as a part of the system combined with server and image analysis module rather than as a single use. However, building a system for vehicle license plate recognition is costly because it is required to construct a facility with a server providing the management and analysis of the captured images and an image analysis module providing the extraction of numbers and characters and recognition of the vehicle's plate. In this study, we would like to develop an embedded type convergent camera (Edge Base) which can expand the function of the camera to not only the license plate recognition but also the security CCTV function together and to perform two functions within the camera. This embedded type convergence camera equipped with a high resolution 4K IP camera for clear image acquisition and fast data transmission extracted license plate area by applying YOLO, a deep learning software for multi object recognition based on open source neural network algorithm and detected number and characters of the plate and verified the detection accuracy and recognition accuracy and confirmed that this camera can perform CCTV security function and vehicle number plate recognition function successfully.

Key Words : LPR Camera, CCTV, convergence, Edge base, Embedded, Image Analysis Module, Deep Learning SW Technology

*Corresponding Author : Jae-Hyun Lim (defacto@kongju.ac.kr)

Received October 26, 2019

Accepted December 20, 2019

Revised December 26, 2018

Published December 28, 2019

1. 서론

차량 번호판 인식(LPR: License Plate Recognition) 카메라는 차량번호판 내 문자, 숫자만을 추출하고 인식하기 위한 전용 카메라이다[1,2]. LPR 카메라는 주차 관리 시스템이나 도로상의 과속 단속이나 방법용 시스템의 구축에 주로 적용된다[3]. 특히 주차 관리 시스템의 경우 LPR 카메라가 필수적으로 구성되어야 하며 Fig. 1은 여러 용도(주차 관리 LPR, 도로 방법 LPR, 과속 단속 LPR) LPR 카메라 중 주차 관리 시스템에서의 LPR 카메라의 적용 예를 나타낸 것이다.

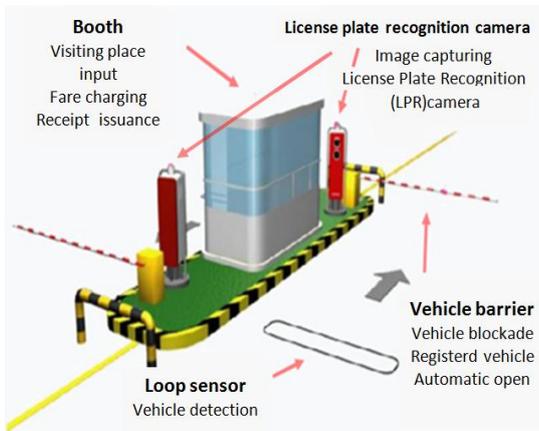


Fig. 1. Conventional vehicle's parking management system configuration

주차 관리, 과속 단속, 도로 방법 기능 등을 목적으로 하는 LPR 카메라는 일반적인 CCTV(Closed Circuit Television)의 일부 구조 변경을 통해 구현되어 자동차 번호판 내의 문자와 숫자를 인식할 수 있다[4][5]. LPR 카메라는 차량 번호판의 인식을 위해 차량의 진출입 통로 가까이에서 설치된다. 그렇지만 근접거리에서 더욱 강한 빛을 발하는 차량의 전조등으로 인해 번호판은 역광 상태가 심화되고 번호판 내 이미지가 어두워지면서 사실상 문자나 숫자의 추출이 불가능해 진다[6]. LPR 카메라는 전조등에 의한 강한 역광 상태를 회피하기 위해 차량의 전조등보다 높은 위치에 설치하며 카메라 내부에도 필터링 구조를 추가하여 변경한다[7]. 이때 추가되는 필터링은 전조등의 강한 빛을 차단시키기 위한 하이패스필터(HPF: High Pass Filter)의 적용이 있다. HPF는 가시광선 낮은 대역의 광원(400nm- 700nm)을 차단시키고 적

외선의 높은 대역의 광원(700nm- 1000nm)은 통과 시키게 한다. 차량의 전조등은 대부분 가시광선으로 가시광선 대부분이 차단된다. HPF에 의해 차량의 전조등은 차단되었지만 카메라가 인식 할 수 있는 빛 대부분도 차단돼 버린다. 카메라는 광원이 없으면 어떤 피사체도 인식할 수 없어 외부광원이 필요하게 되고 적합한 조명 장치가 바로 IR(Infrared) 적외선 LED이다. IR 적외선 LED는 광원 파장이 850nm- 950nm 로 HPF를 통과 시킬 수 있으며, Image Sensor는 가시광선은 물론 적외선 영역까지 폭넓은 분광감도를 갖고 있어 전조등의 가시광선이 차단되어도 IR 적외선의 보조 광원은 HPF를 통과하여 번호판을 인식 할 수 있게 도와준다[8].

이처럼 LPR 카메라는 차량 번호판의 인식만을 위해 CCTV 카메라를 기반으로 구조를 변경한 특화된 장비로 방법 기능 등 타 용도로의 기능 확장에는 제한이 있다[9,10]. 또한 차량 번호판의 인식 기능의 구현에도 취득 영상 관리 및 분석 지원을 위한 서버와 문자, 숫자의 추출 및 인식을 위한 영상 분석 모듈과 함께 시스템으로 구축해야 하므로 초기 구축비용이 많이 발생한다는 문제점이 있다[11].

이에 본 연구에서는 카메라 단독으로 차량 번호판의 판독 기능 수행이 가능하고 방법 기능을 함께 수행할 수 있도록 확장이 가능한 Edge Base의 임베디드형 융합 CCTV 카메라를 제안한다. 이를 위해 고해상도의 영상 취득을 지원하는 이미지 센서 및 효율적인 영상데이터 전송이 가능한 IP 기반 카메라를 이용한다. 또한 효율적인 차량 번호 검출을 위해 오픈소스 신경망 알고리즘 기반의 다중 객체 인식을 위한 딥러닝 SW(Soft Ware)인 YOLO(Your Only Look Once) 플랫폼의 컨볼루션 신경망(CNN: Convolutional Neural Networks)을 적용한다[12,13].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 LPR 카메라의 개요 및 구조를 소개하고, 3장에서는 딥러닝 SW 기술 기반의 임베디드(Edge Base) 타입의 카메라를 제안한다. 4장에서는 임베디드형 융합 CCTV 카메라의 성능에 대한 실험 결과를 분석하고, 5장에서는 결론 및 앞으로의 연구 방향에 대해 기술한다.

2. 차량 번호판 인식(LPR) 카메라 개요

2.1 주차관리 시스템의 구성

차량번호판인식(LPR: License Plate Recognition) 카메라는 차량 번호판 내 문자와 숫자의 인식만을 위하여 대상 차량의 이미지 취득을 목적으로 하기 때문에 차량의 진출입 관리를 해야 하는 주차 관리 시스템에 단독 사용 보다는 서버와 영상 분석 모듈, 그리고 관리 컴퓨터와 결합 된 시스템의 일부로 적용 된다[14]. 아래 Fig. 2는 LPR의 적용 예로써 차량 번호판 인식 기능을 탑재한 주차관리 시스템이다. 차량의 차로(Lane) 인식기 내에 설치되어 있는 루프코일 또는 센서의 영역에 차량이 진입 하게 되면 Control Board는 LPR 카메라를 촬영 하게 하고 번호판의 선명한 이미지를 얻기 위해 IR LED를 투광 시킴으로써 최상의 영상을 획득할 수 있도록 한다. 획득 된 영상은 이미지 캡처 보드를 통하여 디지털 정보로 변환되며 컴퓨터 시스템으로 입력된다. 이 컴퓨터 시스템은 LPR 카메라와 함께 부스 내에 배치되며 촬영된 기초적인 영상 정보를 저장하고 관리하며 네트워크를 통하여 서버의 DB로 추출된 차량 정보, 사진, 전광판의 데이터, 현장 상태의 정보까지 서버로 전송 하기도 한다. 서버에 입력된 영상 정보는 영상 분석 모듈에 의해 번호판 영역을 추출하고 문자와 숫자를 분류 인식하게 되어 요금 정산 등 등록된 차량인지 여부를 판단하고 차단기를 열어 주는 시스템이다. 이렇듯 주차 관리 시스템에서의 차량

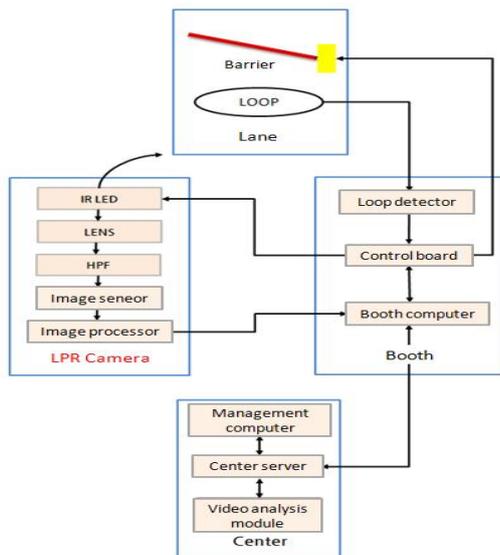


Fig. 2. Conventional vehicle's parking management system block diagram

번호판 인식을 위한 시스템 구축은 LPR 카메라의 단독 사용은 불가능하며 최상의 영상 취득을 위한 IR LED 장치와 컴퓨터 시스템, 서버와 영상 분석 모듈을 함께 구성 시켜야 한다[15].

2.2 차량 번호판 인식(LPR) 카메라의 구조

현재 주차 관리 시스템이나 과속 단속 카메라, 도로 방범 카메라 등에 사용 되는 LPR 카메라의 구조는 아래 [Fig. 3]처럼 IR LED와 HPF가 내장 되어 있는 것이 특징이다.

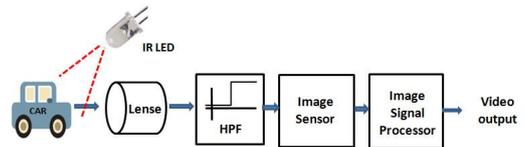


Fig. 3. Conventional LPR camera system configuration

위의 Fig. 3은 현재 가장 많이 사용 하고 있는 LPR 카메라의 구조이다. 차량이 진입하게 되면 설치된 센서 감지에 의해 먼저 IR LED가 투광하여 차량의 번호판에 조사 시킨다. 이때 LPR 카메라는 차량의 번호판 거리에 맞게 Focus를 맞춰놓은 상태여서 선명한 피사체를 취득할 수 있다. 차량의 번호판에서 반사된 IR 광원은 HPF에 의해 적외선이상의 파장을 통과 시킨다. HPF를 통과한 적외선은 Image Sensor에 촬상되고 Image Sensor는 광전 소자의 구조로 빛 에너지를 전하로 변환 시킨다. 전하는 Image Sensor 내부의 증폭기에서 증폭되어 다시 전기 신호로 변환되고 Image Signal Processor에 입력된다. Image Signal Processor는 촬영한 Image data를 Noise는 제거하고 양질의 신호는 최대한 증폭시키며 Color를 재현하기 위해 연산하고 Video 신호 규격에 맞게 신호 처리하여 Analog Video 신호를 출력 시킨다. LPR 카메라는 가시광선이 차단되어 Color(Red, Green, Blue) 광원이 존재하지 않아 Image Signal Processor는 흑백(Black & White) 신호만을 처리하므로 Color 카메라로서의 기능을 상실한다. 신호 처리된 흑백의 Analog Video 신호는 부스 내에 구축된 컴퓨터 캡처 보드로 보내어 처리된다.

3. 딥러닝 SW 기술을 이용한 Edge Base (임베디드형) 융합 CCTV 카메라 구현

3.1 Edge Base 융합 CCTV 카메라의 개요

Edge Base(임베디드형)카메라는 기존의 LPR(주차 관리 LPR, 과속 단속 LPR, 도로 방범용 LPR)의 복잡한 시스템 구성을 카메라 자체에 탑재된 SW를 탑재하여 일반적인 CCTV 카메라로 사용 하면서 차량 번호를 인식하여 로그 데이터로 저장하고 언제든지 쉽게 검색이 가능하도록 하는 융합 CCTV 카메라이다.

Edge Base(임베디드형)의 융합 CCTV 카메라는 일반적인 CCTV 방법 카메라와 동일하게 설치하여 방법 활동을 충실히 수행 하면서 진입하는 차량의 이벤트 발생 시 차량의 번호판을 인식하고 추출하여 문자와 숫자는 별도로 로그 데이터로 저장 된다.

기존의 일반적인 CCTV 카메라의 경우 사건 사고 발생 시 DVR(Digital Video Recorder)에 녹화된 영상 기록을 많은 시간과 비용을 들여 검색해야 하는 것과 달리 본 연구의 Edge Base 융합 CCTV 카메라는 로그 데이터를 통해 보다 빠르고 쉽게 차량 번호판을 검색할 수 있는 효과를 갖는다.

3.2 Edge Base 융합 CCTV 카메라의 구조

Edge Base(임베디드형) 탑재된 SW를 탑재한 융합 카메라는 4K(3840×2160 Pixel) 이미지 센서를 탑재하고 오픈소스 신경망 알고리즘 기반의 다중 객체 인식을 위한 딥러닝 SW인 YOLO(Your Only Look Once)를 적용하여 컨볼루션 신경망으로 인식하게 하는 구조이다.

CCTV 방법 기능과 번호판 인식 기능을 동시에 수행 하는 융합 카메라를 구현하기 위해서는 높은 해상도를 갖는 이미지 센서가 중요하다. UHD급의 4K(3840×2160 Pixel) Image Sensor는 분해능이 우수하여 번호판의 문자와 숫자의 인식률을 높일 수 있기 때문이다.

일반적인 CCTV 방법 전용 카메라의 해상도는 FHD(1920×1080 Pixel)로 약 200만 화소이고 본 연구의 일체형 카메라의 해상도는 UHD(3840×2160 Pixel)로 약 800만 화소가 넘는다. 단순한 숫자상으로도 4배가 넘는 고해상도를 갖는 것이다. 이미지 영상 자체부터 선명하게 촬영 되므로 작은 차량의 번호판 내 문자와 숫자를 인식할 수 있는 것이다. 기존의 LPR 카메라는 Analog 구조로 영상 정보를 디지털로 변환 하여야 하지만 일체형 카메라는 IP 기반으로 이미지 센서에서 나오는 신호만 Analog일뿐 ISP(Image Signal Processor)에 입력되는 순간부터 A/D Converter를 통하여 곧바로 Digital화 됨

으로써 신호 손실과 Noise를 최소화 한다. 입력된 영상 정보는 SOC(System On Chip) 내부의 알고리즘과 신경망으로 번호판을 추출하고 인식한다.

본 연구의 Edge Base의 융합 카메라는 블록다이어그램에서 보듯 SOC 내에 GPU(Graphic Processor Unit)가 내장되어 있지도 않을뿐더러 GPU를 별도로도 외장 설치 하지도 않으면서 영상분석을 수행 시킨 것이 큰 특징이다.

S3L66(SOC)을 영상 신호 처리에만 사용하지 않고 영상 분석 두가지 기능을 동시에 처리할 수 있도록 했다. 선명한 영상 획득을 위해 이미지 센서는 4K(3840×2160 Pixel)를 사용하여 분해능을 높였다. 영상 분석을 하기 위한 GPU 역할도 SOC에서 할당하여 수행 하도록 했다.

즉 SOC 4K 용량을 차량 번호판 인식에 1/2(2K), CCTV 방범용에 1/2(2K)를 나누어 두가지 기능을 수행 하도록 한 것이다.

IP 기반의 SOC는 네트워크를 통해 CCTV 라이브 영상과 차량 번호판의 문자, 숫자 로그데이터를 네트워크 기반이 있는 곳이라면 어디든 전송 받을 수 있다.

3.3 Edge Base 융합 CCTV 카메라의 내부 HW 기능

아래 [Fig.4] 는 LPR 카메라의 HW 구성 및 기능별 블록 다이어그램의 기능별 기능은 다음과 같다.

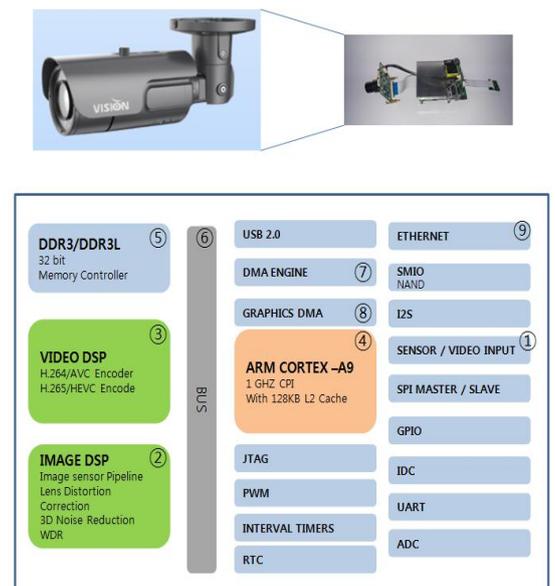


Fig. 4. Edge base convergence CCTV camera block diagram

- ① SENSOR / VIDEO INPUT: 영상 센서로부터 영상을 입력받는 영상 입력(VIN) 인터페이스이다.
- ② IMAGE DSP: 영상 센서로부터 입력받은 영상 데이터를 처리하기 위한 영상 처리부이다.
- ③ VIDEO DSP: 네트워크 / 인터넷으로 전송하기 위한 영상 압축 (H.264 또는 H.265) 블록이다.
- ④ ARM CORTEX - A9: 실질적인 LPR을 위한 알고리즘을 실행하는 호스트 CPU이다.
- ⑤ DDR3/DDR3L: 카메라의 각종 LPR를 위한 알고리즘 등을 실행하기 위한 메모리 제어부이다.
- ⑥ BUS: 주변 장치와의 데이터 연결 및 데이터를 상호 주고받는 BUS 부이다.
- ⑦ DMA ENGINE: 주변장치들이 메모리를 읽고 쓰기 위한 엔진부이다.
- ⑧ GRAPHICS DMA: 그래픽과 영상을 위한 DMA co-processor 이다.
- ⑨ ETHERNET: LPR의 인식된 결과 및 영상 데이터를 네트워크로 전송하기 위한 이더넷 제어부이다.

3.4 Edge Base 융합 CCTV 카메라의 내부 SW 기능

Fig. 5는 딥러닝 SW를 이용한 숫자, 문자 번호판 인식 과정이다.

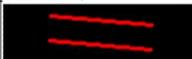
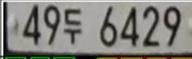
Objective	SW processing	Result
Deep learning number plate detection unit	Detection of the region of the vehicle's number plate through CNN and Bound box regression learning within the designated region of interest	
Character analysis	Image binarization and contour	
	Hough line detection	
Distortion compensation	Warp image conversion	
	Bound box detection	
Character classification	Classification of character within the bound box via classifier which is learned by CNN	

Fig. 5. Vehicle number plate's characters and numbers extraction process utilizing deep learning SW

영상 정보를 입력 받은 S3L66 SOC는 평상시 CCTV 방법기능을 수행하기 위해 신호 처리 하고 전송 시키면서 영상 분석용 영상 정보는 배경 모델링하기 위해 Color 신호 YUV를 RGB(Red, Green, Blue)로 변환 한다. 배경 모델링은 움직이지 않는 모델은 없애버리고 움직이는 객체(사람, 동물, 자동차, 오토바이 등)들만 추출 하는데 본 연구의 카메라는 자동차 모형을 학습 데이터에서 비교하여 유사한 것들만 추출하고 번호판 인식을 위해 제일 큰 차량 이미지만을 분석용 데이터로 사용한다. 딥러닝 검출부는 CNN과 Bound Box 회귀 학습을 통해 차량의 형태 중에서 번호판처럼 형상을 가진 사각형 구조물을 계속해서 탐색하다 차량이 좀 더 가까이 진입하게 되면 번호판 프레임이 객체로 인식 되고 프레임 속에 있는 문자와 숫자가 존재하는 것으로 인식 되면 번호판 프레임으로 인정하고 추출하기 시작한다. 문자 분석은 번호판 영역 내에서 문자와 숫자만을 추출하기 위한 목적으로 Color 정보는 오히려 분석 하는데 장애가 될 수 있어 흑과 백(Black & White)의 정보만을 취득하기 위해 이진화시킨다. 이진화는 숫자와 문자만의 분류를 위한 최적화 방법으로 이물질들을 포함한 각종 Noise를 제거한다.

허프(Hough)는 차량의 여러 각도 진입에 따라 번호판 프레임이 기울어지는데 문자, 숫자 역시 동일 각도로 기울어져 인식률을 떨어뜨릴 수 있으므로 수평을 보정하기 위해 기울어진 라인을 검출한다. 왜곡 보정 과정은 기울어진 외곽 라인 정보를 허프(Hough)로 하여금 입력 받는다.

워프(Warp)는 기울어진 외곽 라인을 수평으로 보정하고 번호판이 찌그러진 경우에도 워프(Warp)가 보정한다.

Bound Box는 숫자, 문자를 각각 개별적으로 구분시켜 검출 하도록 도와주고 문자 분류는 학습된 YOLO 플랫폼 기반의 컨볼루션 CNN으로 분류하고 인식하게 하였다.

3.5 차량 번호판 검출 및 문자, 숫자 인식 검증

번호판 내 문자, 숫자 인식 검증을 위해 Fig. 6처럼 카메라를 설치하여 원격지에서 웹서비스로 접속한 후 방법 라이브 영상 화면과 문자, 숫자 인식용 시스템 로그 화면을 실행시켰다.

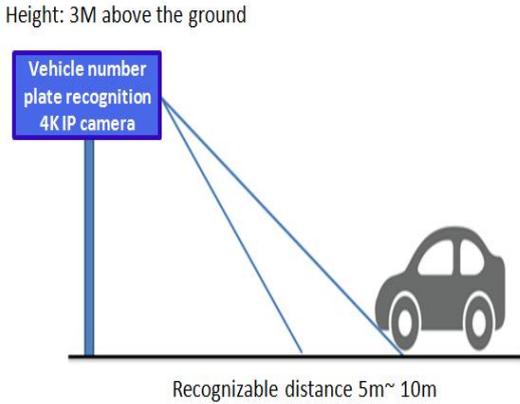


Fig. 6. Camera setting drawing

차량이 인식 영역 내에 들어오면 번호판 검출을 시작하여 웹서비스 시스템 로그 화면에 실시간으로 인식 로그 데이터가 저장 되는지, 조회도 가능한지를 확인하였다.

여러 가지 시나리오별 카메라가 진입할 때도 관제 SW에 영상이 녹화 되는지와 카메라 내부에 로그 파일이 수집 되는지를 확인 하였는데 매우 정확하게 인식되는 것을 확인하였다.

Fig. 7은 차량 진출입 및 방법 라이브 영상 화면이다.



Fig. 7. Live video for vehicle's entering and exiting

Fig. 8은 융합 CCTV 카메라에서 차량 번호판 인식용 웹서비스 로그 화면이다.

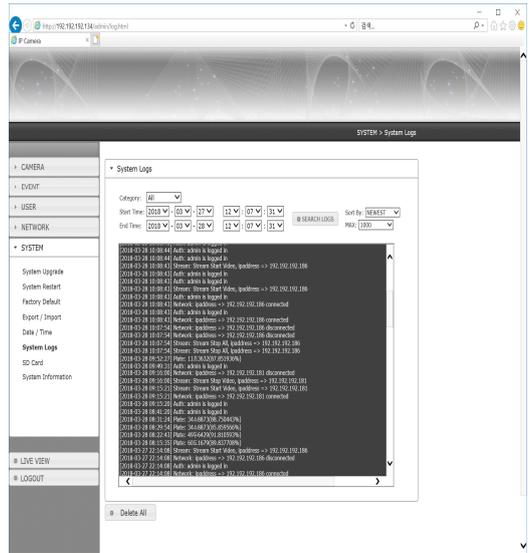


Fig. 8. Number plate recognition web viewer

4. 성능 평가

4.1 성능지표 및 측정방법

4.1.1 성능지표

ISO/IEC/IEEE 29119 표준에 따라 국제공인시험기관에서 인정받은 (주)스탠다드 램스와 성능지표를 만들어 측정하고 평가를 하였다.

Table 1은 성능지표이다.

Table 1. Performance objectives

Key performance index	Unit	Ultimate development target	Level of global top leader (Company/ Country)	Weight (%)	Objective measurement method	
					Number of sample (n≥5 unit)	Test specification
1. Accuracy of the number plate detection	%	Over 98%	98%(AXIS, Sweden)	20	100	Test certification by authorized organization
2. Accuracy of the number plate recognition	%	Over 95%	95%(AXIS, Sweden)	20	100	Test certification by authorized organization

4.1.2 측정방법

차량 진출입이 많은 주차장 입구에 딥러닝 SW 기술을 이용한 융합 CCTV 카메라를 설치하여 일반적인 CCTV 방법 카메라의 수행과 동시에 번호판 내의 문자와

숫자를 인식 할 수 있는지 Fig. 9와 같이 인식률을 측정 하였다.



Fig. 9. Extraction and recognition for entering vehicle's license plate

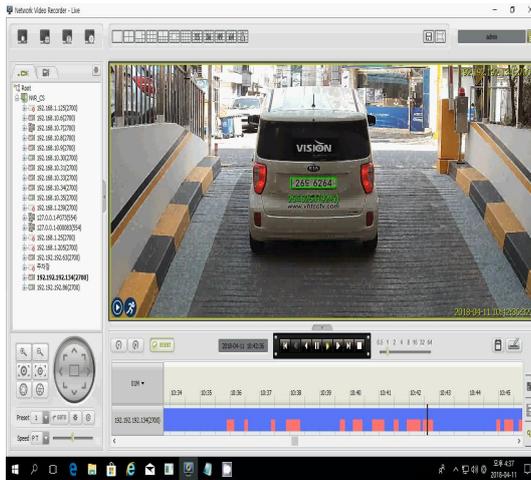


Fig. 10. Extraction and recognition for exiting vehicle's license plate

카메라의 감시 영역에서 진출입 하는 차량 번호 검출, 인식 정확도를 산출하기 위해 Table 2와 같은 측정방법을 사용하였다.

Table 2. Measurement method

Key performance index	Definition of sample	Test method
1. Accuracy of the number plate detection	Accuracy of the entering vehicle's number plate detection within the region of surveillance	<ul style="list-style-type: none"> Accuracy of the entering vehicle's number plate detection into the surveillance area of the 4K IP camera which is rightly installed to recognize the vehicle's number plate $\text{Accuracy}(\%) = \left(\frac{\text{Number of correctly detected number plates}}{\text{Number of entering vehicles}} \right) \times 100\%$
2. Accuracy of the number plate recognition	Accuracy of the number plate recognition for detected vehicle's number plates	<ul style="list-style-type: none"> Accuracy of the number plate recognition for detected vehicle's number plates Minimum size of character in the number plate 20x25 $\text{Accuracy}(\%) = \left(\frac{\text{Number of correctly recognized number plates}}{\text{Number of vehicle's number plate samples}} \right) \times 100\%$
3. SW certification	Embedded SW for the developed IP camera	<ul style="list-style-type: none"> Under the standard of ISO/IEC/IEEE 29119 Quality verification for the embedded SW's functionality, usability, reliability, performances etc

4.2 측정 결과

4.2.1 차량 번호 검출 정확도

Table 3은 ISO/IEC/IEEE 29119 표준에 따라 차량번호 검출 정확도 결과이다.

Table 3. Assessment of data extraction

Total vehicles entered	Not detected	Correctly detected	Accuracy (%)	Development target	Result
115	2	113	98.26	98	Pass
Remark					

Table 4는 총 115회 진출입 차량번호 인식을 평가 하였으나 20회 정도만 축소하여 표현하였다.

차량번호 검출 정확도는 98.26%로 최종개발목표(98%)를 만족 했지만 100%에는 미치지 못한 점은 앞으로 개선해야 할 과제이다.

현재의 LPR 카메라처럼 차량 출입 가까이 설치하여 번호판 이미지를 크게 촬영 하지 못하고 또, 별도의 IR LED 조명도 없이 태양의 상태에 따라 그림자 및 역광, 어두운 환경 등이 인식률을 떨어뜨리는 장애 요인으로 나타났다.

Table 4. Number plate extraction assessment by time

In/ out times	In or out	Number plate detection times	Test result
1st	Out	3	Pass
2nd	In	1	Pass
3rd	In	2	Pass
4th	Out	2	Pass
5th	Out	3	Pass
6th	In	2	Pass
7th	In	3	Pass
8th	Out	2	Pass
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
82th	Out	2	Pass
83th	Out	-	Fail(No detection)
84th	In	2	Pass
85th	In	2	Pass
86th	Out	-	Fail(No detection)
87th	Out	2	Pass
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
110th	In	2	Pass
111th	Out	4	Pass
112th	Out	4	Pass
113th	In	3	Pass
114th	In	2	Pass
115th	Out	3	Pass

• Accuracy of the entering vehicle's number plate detection into the surveillance area of the 4K IP camera which is rightly installed to recognize the vehicle's number plate

$$\text{Accuracy(\%)} = \left(\frac{\text{Number of correctly detected number plates}}{\text{Number of entering vehicles}} \right) \times 100\%$$

4.2.2 번호판 인식 정확도

Table 5는 ISO/IEC/IEEE 29119 표준에 따라 차량 번호 인식 정확도 결과이다.

Table 5. Accuracy of number plate recognition

Total vehicles entered	Exceptional samples	effective samples	Falsely recognized	Correctly recognized	Accuracy (%)	Development target	Result
115	2	113	2	111	98.23	95	Pass
Remark	Exceptional samples: Samples that are not detected with the number plate recognition log						

아래 Table 6은 총 115회 진출입 차량 번호 인식을 평가 하였으나 20회 정도만 축소하여 표현 하였다.

Table 6. Number plate recognition assessment by time

In/ out times	Real vehicle number	Recognized number	Test result
1st	08가9239	08가9239	Pass
2nd	66나5905	66나5905	Pass
3rd	08가9239	08가9239	Pass
4th	66나5905	66나5905	Pass
5th	08가9239	08가9239	Pass
6th	66나5905	66나5905	Pass
7th	08가9239	08가9239	Pass
8th	66나5905	66나5905	Pass
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
79th	08가9239	08가9259	Fail(false recognition)
80th	66나5905	66나5905	Pass
81th	08가9239	08가9239	Pass
82th	66나5905	66다5905, 66다5905	Fail(false recognition)
83th	08가9239	-	Exceptional
84th	66나5905	66나5905	Pass
85th	08가9239	08가9239	Pass
86th	66나5905	-	Exceptional
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
112th	60가7479	60가7479	Pass
113th	41저6991	41저6991	Pass
114th	60가7479	60가7479	Pass
115th	41저6991	41저6991	Pass

Table 5는 차량번호 인식 정확도가 98.23%로 최종 개발목표(95%)를 만족 했지만 100%에는 미치지 못한 점이 앞으로 개선해야 할 과제이다.

Table 3의 검출 정확도와 관계성은 가지고 있지만 인

식률이 떨어진 이유에 대해서는 좀 더 연구해야 할 과제이다. 향후 다양한 테스트 베드 데이터에 대한 딥러닝 학습 적용을 통해 인식률 개선이 필요했다.

4.3 평가

딥러닝 SW 기술을 이용한 Edge Base 임베디드 융합 CCTV 카메라는 평소에는 일반적인 방법용 CCTV 카메라로 방법 기능을 수행 하고 있다가 진출입 하는 차량의 번호판 내의 문자와 숫자를 검출 하고 인식 하는지를 평가 하였다.

본 연구는 카메라를 방법 기능도 수행 하도록 일반적인 감시 카메라와 비슷한 조건으로 설치하고 번호판의 문자, 숫자 인식률을 측정하기 위해 총 115회의 진출입 하는 차량을 측정 한 결과 <Table 5> 와 같이 98% 이상의 인식률을 보였다.

LPR 전용 카메라는 차량의 번호판만을 인식하기 위해 차량과 가까이 설치하여 번호판 이미지를 크게 확대 촬영함으로써 인식률을 높일 수 있는 조건과 또 깨끗한 이미지를 얻기 위해 IR LED를 적절하게 조광 시키는 유리한 조건과는 차이를 보였다. 인식을 하지 못한 <Table 5> 번호판 인식 정확도에서 약 2%의 오인식 경우는 두 가지 정도의 개선점을 알 수 있었다.

첫째는 자동 조리개(AE: Auto Expose)의 미세 조정 개선점이다. AE는 1장의 화면(1Frame) Image를 추출 하여 휘도 성분만을 적분 시켜 DC값을 레퍼런스(사용자가 설정 할 수 있는) 값과 비교 하여 주변 조도가 밝을때 휘도 성분이 높으면 설정 된 값과 비교 하여 화면 전체가 편안하게 볼 수 있도록 자동 조절해 주는 장치이다. 그런데, 차량의 이미지가 작은 경우에 전체 화면 속에서 차량의 번호판이 더욱 작은 이미지에 불과하여 번호판 내의 문자나 숫자의 이미지 상태가 전체 화면을 중심으로 조절되다 보니 번호판 내의 이미지는 적절하게 조절 되지 않았다. 즉 주변 피사체의 폭넓은 조도가 밝으면 번호판의 이미지는 어둡게 됐고, 피사체의 넓은 환경 조도가 어두우면 차량 번호판 내의 문자, 숫자는 밝게 포화(Highlight Saturation)점까지 이르러 하얗게 번져 인식을 하지 못하는 경우도 나타났다. 인식률을 높이기 위해서는 AE는 1장(1Frame)의 화면 전체를 계산 하는 방식이 아닌 관심 영역(차량 번호판 중심)만을 AE 시켜주고 또 학습된 DB에 딥러닝 시켜 번호판의 문자, 숫자 이미지도 선명하게 분해 되도록 밝기를 지능적으로 조절되게

하는 것이 필요했다.

두번째는 본 연구에 적용 시킨 SOC(System On Chip)의 성능이다. SOC는 4K(3840×2160 Pixel) 30 FPS(Frame Per Second)의 영상 신호를 처리 할 수 있고 MCU(Micro Controller Unit)와 H.264 / H.265 Encoder, IP(Internet Protocol) 기능을 갖는 복합 System On Chip 이나 GPU(Graphic Processor Unit)가 탑재되어있지 않는 Entry Version 이다. GPU가 없어 영상 분석을 SW(Soft Ware)로 처리하기 위해 SOC의 4K 영역을 나누어 사용함으로써 이미지 센서의 4K 영상 정보를 모두 활용하지 못한 점이 인식률을 떨어뜨리는 요인으로 보였다. 인식률을 개선시키기 위해서는 HW(Hard Ware) 구조를 갖는 전용 GPU 칩을 별도로 설치하거나, 또는 SOC 내부에 GPU 기능이 탑재된 SOC로 구현 한다면 차량 번호판 인식을 개선은 물론 CCTV 방법시의 라이브 영상을 전송하는 전송 속도도 상당히 향상시킬 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 번호판 인식만을 위한 기존의 주차 관리 LPR 카메라, 도로 방법용 LPR 카메라의 제한적인 용도를 벗어나 간단한 Edge Base의 융합(카메라+영상 분석 모듈+IP Network) 카메라에 탑재시켜 차량의 번호판 인식에 한정하지 않고 CCTV 방법 까지도 수행 할 수 있음을 확실하게 검증 하였다. 즉 기존의 LPR 카메라(도로 방법용 LPR 카메라, 주차 관리 LPR 카메라)처럼 서버와 영상 분석 모듈, LPR 카메라가 시스템으로 구성되지 않아도 Edge Base의 카메라는 카메라 자체만으로도 차량 번호판 인식과 CCTV 방법 기능을 수행할 수 있는 것이다.

차량번호 검출의 정확도와 인식의 정확도는 두가지 기능을 수행함에 있어 차량의 번호판이 상대적으로 작은 이미지 상태를 추출하고 분석해야 하는 어려운 조건의 한계치로 볼 수 있다. 융합 CCTV 카메라에서 100%인식률을 올릴 수는 없겠지만 불가능한 것도 아니다. 고해상도(8K급), 고감도 이미지 센서를 사용하고, 전용 GPU를 탑재 시키고 속도가 빠른 SOC로 처리 한다면 인식률은 크게 향상 시킬 수 있다. 이러한 요소별 성능들을 향상시켜 연구 한다면 향후에는 번호판 인식에만 한정하지 않고 차량의 색상, 차량의 종류, 탑승자의 이미지 까지도 구분하여 인식할 수 있는 지능형 융합 CCTV 카메라 실현이 가능함을 본 연구에서 확인 하였다.

REFERENCES

- [1] J. H. Yoon. (2017). *A study on extraction algorithm of multi-license plate recognition for ITS applications*. Doctoral dissertation, Hanyang University, 1-118.
- [2] M. A. Ko. (2004). *Effective license plate character recognition based on geometric invariant features*. Doctoral dissertation, Kyungpook National University, 1-105.
- [3] D. J. Kim. (2018). Implementation of Parking Management System using Cloud based License Plate Recognition Service. *Journal of Digital Contents Society*, 19(1), 173-179. DOI : 10.9728/dcs.2018.19.1.173
- [4] H. W. Kang. (2011). License Plate Recognition for Speed and Red Light Enforcement System Based on Character Circumscribed Quadrilateral. *Journal of Korean institute of information technology*, 9(3), 67-76. <http://www.riss.kr/link?id=A8257539>
- [5] E. Polders, et al. (2015). *Drivers' Behavioral Responses to Combined Speed and Red Light Cameras*. Accident Analysis & Prevention, Vol.81, 153 - 166. DOI : 10.1016/j.aap.2015.05.006
- [6] B. S. Lee, et al. (2011, Apr). *The Recognition of License Plate Characters Using Regional Adaptive Binarization*. Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference. (pp. 437-440). Seoul : Korea Information Processing Society. <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=NPAP09711248>
- [7] J. H. Kim. (2013). Malaysian Vehicle License Plate Recognition in Low Illumination Images. *The Journal of the Korea Contents Association*, 13(10), 19-26. DOI : 10.5392/JKCA.2013.13.10.019
- [8] T. Natio, et al. (1999, Oct). *License Plate Recognition Method for Inclined Plates Outdoors*. *International Conference on Information Intelligence and Systems*. (pp. 304-312). Bethesda, MD : IEEE Computer society. DOI : 10.1109/ICIIS.1999.810281
- [9] D. Bissessar & D.O. Gorodnichy. (2011, May). *Integrating LPR with CCTV systems: problems and solutions*. In Automatic Target Recognition XXI (Vol.8049, p.80490T). Orlando, FL : International Society for Optics and Photonics. DOI : 10.1117/12.883540
- [10] B. J. Kim, D. H. Kim & J. H. Lee. (2016). An Improved License Plate Recognition Technique in Outdoor Image. *Journal of Korean institute of intelligent systems*, 26(5), 423 - 431. DOI : 10.5391/JKIIS.2016.26.5.423
- [11] B. C. Kim. (2013). An intelligent video security system for the tracking of multiple moving objects. *The Journal of digital policy & management*, 11(10), 359-366. DOI : 10.14400/JDPM.2013.11.10.359
- [12] H. C. Kwon. (2015). A Study on Efficient Vehicle Tracking System using Dynamic Programming Method. *Journal of Digital Convergence*, 13(12), 209-215. DOI : 10.14400/JDC.2015.13.12.209
- [13] C. J. Seo. (2014). Artificial Vision System using Human Visual Information Processing. *Journal of Digital Convergence*, 12(11), 349-355. DOI : 10.14400/JDC.2014.12.11.349
- [14] K. H. Kim, et al. (2003, May). *Car Plate Extraction and Recognition System Using DSP Board*. *Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference*. (pp. 627-630). Seoul : Korea Information Processing Society. <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=NPAP08040394>
- [15] M. J. Kang, H. M. Kang, Y. W. Woo & K. B. Kim. (2008). *Intelligent Recognition System of Car License Plate*. *Proceedings of the Korean Institute of Information and Commucation Sciences Conference*. (pp. 337-342). Busan : The Korea Institute of Information and Commucation Engineering. <http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=NPAP08297842>

손 경 식(Son, Kyong Sik)



- 1999년 9월 ~ 현재 : (주)비전하이텍(대표이사)
- 2013년 2월 : 숭실대학교 경영학과(경영학사)
- 2015년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)

· 2016년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학과(박사과정)

· 관심분야 : 영상처리, 지능형영상분석, IOT

· E-Mail : ceo@visionhitech.co.kr

김 중 원(Kim, Jong Won)



- 1990년 6월 ~ 2014년 12월 : 한국
공항공사(항공연구소장)
- 1997년 2월 : 한국방송통신대학교
컴퓨터과학과(이학사)
- 2014년 8월 : 인하대학교 전자공
학과(공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 컴퓨터공학과(박사과
정)
- 관심분야 : 항행안전시설, IoT, 자연광 LED조명, 건강
조명
- E-Mail : jwkim5608@naver.com

임 재 현(Lim, Jae Hyun)



- 1986년 중앙대학교 전자계산학과
(이학사)
- 1988년 중앙대학교 대학원 전자
계산학과(이학석사)
- 1998년 중앙대학교 대학원 컴퓨
터공학과(공학박사)
- 1998~현재 공주대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야 : 상황인식, 시스템조명, IoT서비스, 에너지
관리, 식물공장
- E-Mail : defacto@kongju.ac.kr