엣지카메라기반지역최적화를이용한스마트횡단보도시스템개발

최윤원, 이준구, 백장운, 임길택

한국전자통신연구원

yunwon.choi@etri.re.kr, leejg01679@etri.re.kr, jwbaek98@etri.re.kr, ktl@etri.re.kr

Development of A Smart Crosswalk System using Local Optimization Based on Edge Camera

Yun Won Choi, Joon-Goo Lee, Jang Woon Baek, Kil-Taek Lim*

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

최근 보행자들의 교통안전을 위해 스마트 횡단보도에 대한 요구가 많이 늘어나는 추세이며 여러 곳에서 시범사업을 통하여 스마트 횡단보도 시스템에 대한 활용 가능성을 검토하고 있다. 기존에 다양한 센서를 사용하여 운영하는 시스템과 달리 최근에는 영상 기반의 스마트 횡단보도 시스템이 설치되고 있으며 영상을 통한 차량인식, 보행자 인식 기술들과 접목되고 있지만 낮은 인식 성능과 고비용을 요구하고 있다. 본 논문에서는 딥러닝 기반 실시간 객체 검출 기술을 기반으로 한 엣지 카메라와 설치 위치에서 검출 성능을 최적화 해주는 지역 최적화 기술을 포함한 스마트 횡단보도 시스템을 제안한다. 이 시스템은 엣지 카메라로 객체를 검출·추적한 정보를 활용하여 보행자 정보를 표지판으로 운전자에게 제공하고 도로 위험 정보를 보행자에게 소리와 바닥 등으로 제공한다. 우리는 실험을 통하여 지역 최적화 기술을 통하여 개선된 엣지 카메라에 대한 객체 검출 성능을 검증하였고 이를 활용한 스마트 횡단보도 시스템의 활용 가능성을 검증하였다.

Ⅰ. 서 론

정부의 교통안전 대책으로 연간 교통사고 사망자 수가 2017년 4185명에서 3081명으로 26.4% 감소했지만, 보행자가 차지하는 비중이 40%로 경제협력개발기구(OECD) 평균 20.5%에 2배 수준이다. 최근 보행자 안전을 최우선으로 하는 안전속도 5030, 횡단보도 앞에 일시 정지, 어린이 보호구역 내 불법 주정차 범칙금 3배 등 다양한 정책을 시행하려고 하고 있다[1][2]. 이에 따라 횡단보도 보행자의 교통안전을 위하여 다양한 분야의 기술을 활용한 스마트 횡단보도 시스템을 설치하고 시범사업을 진행하고 있다. 서울시 성동구, 관악구, 제주시 등에서 스마트 횡단보도 시스템의 시범사업을 진행하고 있으며 불법 주정차 단속, 정지선 위반 차량 실시간 표출, 보행자 계수, 횡단보도 집중 조명의 기능을 제공하고 있다. 하지만 기존 스마트 횡단보도 시스템은 모션, 조도, 압력 센서 등의 정보를 활용하여 보행자나 차량을 감지하고 있어서 완전한 안내를 제공하기에는 어려웠다. 이 점을 개선하기 위해서 영상을 활용한 검출 기술을 접목하는 방향으로 많은 연구가 진행되고 있다.

기존 엣지 카메라는 임베디드 시스템을 활용하기 때문에 주로 머신러닝을 활용한 객체 검출기를 주로 사용했다. 기존 엣지 카메라용 객체 검출기의 성능이 아주 낮은 편이었지만 최근에는 딥러닝 기반 검출 기술과 딥러닝용 임베디드 시스템의 발전으로 인해 성능이 많이 개선되었다. 특히 딥러닝이 구동 가능한 NVIDIA사의 Jetson 보드로 인하여 다양한 분야에서 딥러닝을 활용한 검출 기술을 사용할 수 있게 되었고 그중에서도 엣지 카메라에 관한 연구가 활발하게 이루어지게 되었다. 그러나 엣지 카메라에 활용하는 딥러닝 객체 검출 기술은 경량화된 모델을 많이 사용하기 때문에 일반 모델과 비교하면 속도가 느리고 인식 성능이 낮아서 인식 성능을 개선하고 특정 사이트에 최적화하는 기술들에 관한 연구도 많이 진행되고 있다.

본 논문에서는 딥러닝을 이용한 엣지 카메라를 사용하여 객체를 검출·추적을 하고 지역 최적화 기술을 통하여 특정 사이트에 최적화가 가능한 스마트 횡단보도 시스템을 제안한다. 이 스마트 횡단보도는 지역 최적화 기술을 기반으로 최적화된 객체 검출·추적 기술이 실시간으로 동작하는 엣지 카메라에서 얻은 정보를 이용하여 보행자의 안전 정보와 차량의 진입 속도, 보행자 통행 정보를 제공함으로써 안전한 도로 횡단을 보장한다.

Ⅱ. 제안하는 시스템

1. 스마트 횡단보도 시스템

본 논문에서는 엣지 카메라를 이용하여 얻은 객체 정보를 이용하여 보행자의 안전한 도로 횡단을 제공하는 시스템을 제안한다. 그림 1에서 보는 것과 같이 제안한 시스템은 속도제한, 차량 속도, 보행자 정보를 제공하는 정보표시장치, 객체를 검출하는 엣지 카메라와 중앙 제어 장치로 구성되어 있다. 이 시스템은 그림 2에서 보는 것과 같이 엣지 카메라는 지역 최적화 기반으로 객체를 검출하고 추적한 정보를 중앙 제어 장치에 제공한다. 중앙 제어 장치는 레이더 기반의 차량 속도 정보와 엣지 카메라에 얻은 정보를 이용하여 표지판에 보행 상태, 차량의 속도 정보 등 다양한 정보를 제공하고 적색 보행 신호에 횡단보도로 접근하는 보행자에 대하여 소리와 바닥 등으로 경고한다.

그림 1. 스마트 횡단보도 시스템 구상도

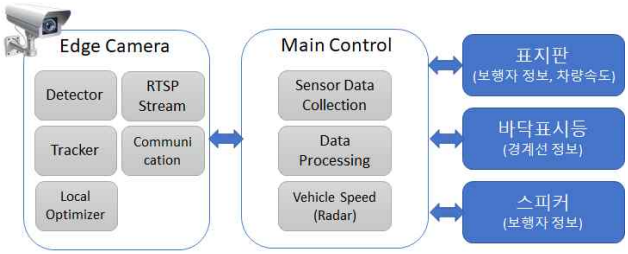

그림 2. 스마트 횡단보도 시스템 구성

2. 엣지 카메라 기반 지역 최적화 기술

엣지 카메라는 그림3에서 보는 것과 같이 2MP급 카메라와 Jetson 보드로 구성되어 있다. 엣지 카메라는 영상 입력을 받아 실시간으로 객체를 검출하고 추적하여 TCP/IP 또는 SCI 통신을 통하여 검출 결과를 전달하고 검출 결과를 표시한 실시간 영상을 RTSP(Real Time Streaming Protocol)를 이용하여 원격 PC로 전달하여 결과를 확인한다. 엣지 카메라에서 사용하고 있는 객체 검출 기술은 YOLOv4-tiny를 기반으로 한 경량 CNN 네트워크를 사용하고 있다[4][5]. 이 경량 네트워크는 기존 YOLOv4-tiny와 달리 기본 교통객체(person, car, truck, bus, motorbike, bicycle)에 대한 DB를 다시 구성하여 재학습하였고 검출부를 3계층으로 확대하여 검출률을 높였다. 엣지 카메라 시스템은 카메라 입력 모듈, 검출 모듈, 추적 모듈들이 각각 스레드 형태로 구동하고 있으며 지역 최적화 모듈은 배경 제거 기술을 기반으로 인식률에 따른 검출 결과를 저장한다.

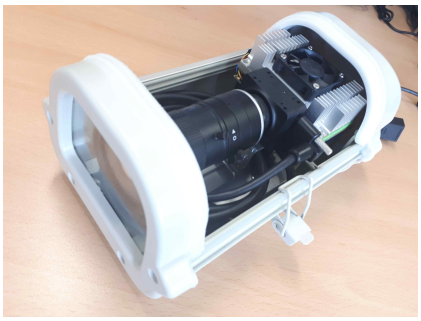

그림 3. 엣지 카메라

일반적인 딥러닝 네트워크는 일반화를 가지도록 설계하기 때문에 대부분 상황에서 객체를 검출하지만, 뷰에 따라서 객체를 오검출하는 경우가 발생한다. 또한, 엣지 카메라처럼 경량 네트워크를 사용하는 경우에는 검출율조차 높지 않아서 상용화를 위해서는 이에 대한 최적화가 필요하다는 것이 일반적이다. 우리는 엣지 카메라가 설치된 특정 사이트에서 얻은 검출 결과를 배경 제거 기술을 이용하여 DB를 재생성하고 딥러닝 네트워크를 최적화한다. 사람과 차량이 주로 보이는 횡단보도 영상은 나무와 기둥 같은 객체를 사람으로 오검출하는 경우가 많지만 고정된 상태의 카메라에서 입력되는 영상은 배경이 고정되어 있어서 이런 부분을 제거한 DB를 생성하기 쉽다. 이런 특정 사이트 뷰에 최적화된 DB를 추가로 생성하여 재학습하게 되면 오검출률이 낮으면서 높은 검출률을 가진 네트워크를 얻을 수 있다. 우리는 약 1000프레임에 5000여 개의 정답을 가진 표본을 이용한 실험을 통하여 차량 검출은 99.03%에서 99.69%로 AP(Average Precision)를 개선하였고 false positive를 1921에서 654개로 줄였다. 보행자 검출은 88.19%에서 97.68%로 개선하였고 false positive는 99에서 29로 줄였고 true positive는 4298에서 4747로 늘어났다. 우리는 실험을 통하여 그림 4에서 보는 것과 같이 기존 경량 딥러닝 네트워크를 지역 최적화 기술을 통하여 검출 성능을 개선된 것을 확인하였다.

그림 4. 지역 최적화 기반 객체 검출 개선 결과

Ⅲ. 결론

본 논문에서는 엣지 카메라 기반 지역 최적화 기술을 이용하여 객체 검출이 최적화되어 안전한 보행 정보를 제공하는 스마트 횡단보도 시스템을 제안하였다. 우리는 실제 횡단보도에 고정된 카메라에서 얻은 영상을 이용한 실험을 통하여 스마트 횡단보도 시스템의 활용 가능성을 확인하였다. 추후 스마트 횡단 보도에 대한 실증사업을 통하여 시스템을 더 개선할 예정이며 딥러닝 네트워크의 경량화, 엣지 카메라 운영 시스템, 지역 최적화 기술에 관한 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 한국전자통신연구원 기본사업의 일환으로 수행되었음.
[21ZD1100, 대경권 지역산업 기반 ICT 융합기술 고도화 지원사업]

참 고 문 헌

[1] Daejon-ilbo, (http://www.daejonilbo.com/news/newsitem.asp?pk_no=1464223)

[2] S. Jang, H. Cho, J. Jeong, " Design and Implementation of A Smart Crosswalk System based on Vehicle Detection and Speed Estimation using Deep Learning on Edge Devices," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 467-473, Apr. 2020

[3] J. Lee and J. Baek, "An Automatic Database Generation Algorithm for Local Optimization of CNN Object Detector for Edge Devices,"IEEE International Conference on Consumer Electronics Asia 2020 (ICCE-Asia 2020), 2020.

[4] A. Bochkovskiy, C. Wang, H. Liao, "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection," arXiv:2004.10934[cs.CV].

[5] https://github.com/AlexeyAB/darknet/issues/6067