

실시간 영상처리를 이용한 자동 신호제어시스템에 관한 연구

오세준, 권세빈, 조윤설
 경기대학교 전자공학과

sejun0926@naver.com, dlqj8013@naver.com, choyunseol@naver.com

A Study on Automatic Signal Control System Using Real-Time Image Processing

Se-Jun Oh, Se-Bin Kwon, Yun-Seol Cho
 Dept. of Electronic Engineering, Kyonggi University

요 약

이 시스템은 openCV와 딥러닝 학습모델을 이용하여 횡단보도의 상황을 파악하고 횡단보도위의 객체를 추출하여 자동으로 신호를 제어할 수 있다. 보행자를 인식하여 노인, 장애인 등 보행속도가 느린 보행자들을 위해 횡단보도의 신호를 추가하여 보행자의 교통사고를 줄일 수 있다. 또한 교통흐름도 고려하여 차량운전자와 보행자 모두에 도움이 되는 시스템 구현을 목표로 한다.

1. 서론

최근 6년간(2014~2019)전체 보행 사망자 가운데 노인 보행자가 차지하는 비율이 계속해서 증가하고 있다. 교통약자인 노인에 대한 안전대책이 마련되지 않았음을 알 수 있다.

※ 최근 6년간(2014~2019년) 보행 사망자 현황(단위: 명, %)

구 분	2014	2015	2016	2017	2018	2019
교통사고 사망자수(A)	4,762	4,621	4,292	4,185	3,781	3,349
전체 보행 중 사망자(B)	1,910	1,795	1,714	1,675	1,487	1,302
(B/A)	40.1%	38.8%	39.9%	40.0%	39.3%	39%
노인 보행 중 사망자(C)	919	909	866	906	842	743
(C/B)	48.1%	50.6%	50.5%	54.1%	56.6%	57%

표 1

표2를 보면 65세 이상의 보행속도는 15~49세의 보행속도에 비해 78%수준으로 알 수 있다. 횡단보도의 보행자 신호를 선정할 때 보행자의 속도를 1.0m/s로 가정하고 있는 현 상황에서 65세의 보행속도는 0.74m/s로 녹색등 점화 시간이 짧은 경우가 발생할 수 있다.

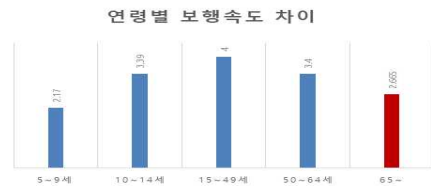


표 2

또한 국내 연구진이 횡단보도를 건너는 900명을 촬영해 분석한 결과 65세 이상은 보행신호로 바뀌기 전 첫발을 내딛기까지 65세 미만보다 1초 더 빠른 1.6초가 걸렸다는 연구결과를 발표하였다.

이를 종합하여 분석해보면 노령보행자의 느린 보행속도로 인한 녹색등 점화시간의 부족함과 고령자의 인지능력 저하에 대한 안전대책이 없어 증가하고 있다고 볼 수 있다.

2. 본론

2-1. 현재 신호체계

신호등은 차량등, 보행등 및 차량 보조등으로 구분하며, 이중 차량등과 차량 보조등을 차량 신호등이라고 한다. 차량등은 배열, 렌즈개수 및 용도에 따라 횡형이색등, 횡형삼색등, 횡형사색등, 중형이색등,

중형삼색등, 중형사색등, 가변형 가변등, 경보형 경보등이 있다. 버스신호등은 중앙버스전용차로가 운영되는 구간에 설치한다. 신호등은 8시간 이상 다음과 같은 조건을 모두 만족하는 장소에 위치한다. 주도로 양방향 차량 통행량 600대/시 이상일 때, 부도로 양방향 차량 통행량 200대/시 이상일 때, 횡단보도 양방향 보행자 통행량 150명/시 이상일 때 신호등을 설치한다. 또한, 교통사고 연간 5회 이상 발생 장소, 학교 앞 3000m 이내 통학시간대 자동차 간격이 1분 이내인 경우, 어린이 보호구역 내 초등학교 또는 유치원의 주출입구 인근 횡단보도, 차량 신호만으로는 언제 통행하고 횡단할 수 있을지 분별하기 어려운 경우, 차량 신호가 변해도 보행자가 차도 내에 남을 때가 많은 경우에 설치한다.

녹색 신호시간 책정 기준은 일반 보행자가 걷는 속도는 1초당 1m/s, 어린이나 노인의 속도는 1초당 0.8m/s로 계산되고 있으며, 횡단거리가 15m라면 녹색신호 시간을 일반 보행자 기준으로는 15초가 되며, 노인보호구역이나 어린이보호구역의 경우에는 약 19초가 된다.

차량의 황색 등화 시간을 결정하는 식은 이다. 여기서, Y는 황색신호시간(sec), t는 지각 반응시간, v는 교차로 진입자동차의 접근속도, a는 진입자동차의 임계 감속도, w는 교차로 폭, l은 자동차의 길이이다.

보행자의 녹색 등화 시간을 결정하는 식은 이다. 여기서, T는 보행자 전체 신호시간, Ts는 녹색등화가 지속되는 시간, Tf는 녹색등화 이후에 녹색등화가 점멸되는 시간, t는 초기 진입시간, L은 보행자 횡단거리, V1은 1.0m/s이다. 이다. 여기서, L은 보행자 횡단거리이다. V2는 1.3m/s이다.

신호 제어 방식에는 3가지 제어 방식이 있다. 첫 번째는 고정식 제어이다. 고정식 제어는 교통패턴과는 상관없이 항상 고정된 신호시간으로 운영하는 방식으로, 일정한 시간 동안 주기적으로 녹색 신호를 제공한다. 이는 실시간 교통상황을 반영하지 못하는 문제점이 있고 과거 신호기 도입 초창기에 이용되었지만 현재 서울 시내에는 거의 사용하지 않는다. 두 번째는 시간대 제어(TOD)이다. 시간대 제어는 사전

에 교통현황 조사를 통해 요일, 시간대별 교통특성에 적합한 신호시간을 데이터 베이스화 하여 입력해 두면 미리 정한 시간에 자동으로 해당 정보를 불러와 시간대별로 탄력적으로 운영하는 방식이다. 현재 시내 대부분의 교차로가 이러한 방식으로 운영되고 있다. 세 번째는 실시간 제어이다. 실시간 제어는 도로에 차량 검지기를 설치하여 실시간으로 교통상황을 모니터링하여 시기별로 신호시간을 변경하여 신호 효율을 극대화하는 방식이다. ‘좌회전 감응 신호’, ‘완전대응신호’ 두가지 유형이 있다. [1]

2-2. 신호등의 딥러닝 적용

신호등 및 신호체계에 새로운 기술을 접목하고 기능을 개발하려는 연구는 꾸준히 이루어지고 있다. 특히 스마트 도시 사업의 일부로 스마트 횡단보도가 눈에 띄는 성장세를 보인다.

우리나라 교통사고의 보행 중 사망자 수는 OECD 회원국 평균의 3배로, 전체 보행자 사망사고의 23.1%가 횡단보도 내에서 발생한다. 이러한 배경에서 스마트 횡단보도의 필요성이 대두되었다. 스마트 횡단보도는 보생신호 상황 별 음성안내, 스마트폰 차단, 횡단보도 LED 표지 발광, LED 바닥 신호등, 무단횡단 예방 음성 안내장치 등의 기능을 가지는 횡단보도이다. 각 지자체 별로 적용되는 기능의 차이가 있지만, 노인/어린이 보호구역을 중심으로 설치가 확대되고 있다. 이를 통해 교통 약자의 안전사고 예방 및 횡단보도 시인성 강화에 따른 주민 체감도/만족도 상승을 기대할 수 있다.[2] 실제로 성동구는 차량정지선 위반건수를 70% 가까이 줄이는 등, 통계 등의 지표에서 그 효과가 입증되고 있다.[3][4]

구분	보행자 무단횡단 비율	적신호시 횡단보도 간류 비율
인천 용현초등학교	4.13%p 낮아짐(6.1%→1.94%)	4.02%p 낮아짐(10.38%→6.36%)
안산 성안초등학교	10%p 낮아짐(14.4%→4.4%)	4.33%p 낮아짐(6.42%→2.09%)

그림 1

양천구에서는 횡단보도에 인공지능을 적용한 스마트 횡단보도를 만든다. 인공지능은 어린이보호구역 내 횡단보도 주변의 불법 주정차를 즉시 단속함으로써 보행자의 시야를 확보한다. 과태료 부과까지 자동으로 연계되게 하여 타 스마트 횡단보도와 차별점

을 두었다. 또, 정지선 위반차량의 차량번호를 전광판에 노출함으로써 과속을 예방할 수 있도록 설계된다. 보행 신호를 음성으로 안내하고 무단횡단에 대한 경고 방송을 내보내기도 한다.[5]



그림 2

구로구는 교통사고와 범죄를 한번에 예방하기 위해 ‘구로형 스마트폴’을 설치한다. 교통 표지판과 불법 주정차 단속 및 방법 폐쇄회로(CC)TV, 비상벨 등의 기능을 하나로 합친 형태로, 스몸비족 (스마트폰을 들여다보며 길을 걷는 사람)을 방지하고 어린이들의 보행 안전에 기여한다. 휴대전화에 전용 앱을 설치하면 아이들이 횡단보도를 건널 때 스마트폰을 사용하지 못하도록 화면에 경고문구가 뜨기도 한다.[6]

경상남도 남해읍 또한 스마트 횡단보도를 도입한다. 남해읍 중심도로 네 곳의 신호등 없는 건널목에 설치되는 이 횡단보도는, 영상 분석과 객체추적 시스템을 적용해 사물인터넷과 인공지능이 사람이 건널목을 건널 때마다 이를 감지하고 발광다이오드(LED) 전광판과 빔라이트로 운전자에게 알려주는 교통안전시스템이다. 건널목에 사람이 있을 때는 LED 전광판에 빨간불과 함께 도로면에 빔라이트가 켜져 야간이나 비 오는 날 운전자가 더욱 쉽게 보행자를 식별할 수 있어 사고를 예방할 수 있다. 신호등과 다르게 일정 시간 켜졌다 꺼지는 기능이 아니라 보행자가 횡단하는 시간만큼 빨간불이 켜져 있게 된다. [7]

2-3 영상처리 속도 향상을 위한 방법

그래픽 카드는 그래픽 프로세서(GPU)를 갖고 있으며, GPU는 CPU가 처리하기 어려운 영상들을 효율적으로 구현하며 현재, 기존 CPU가 처리하던 연산 작업을 대신하기 시작하여 블록체인 기술에 기여하

고 있다. GPU는 상대적으로 적은 전력을 소비하지만, 수백에서 수천 개의 CPU와 맞먹는 딥러닝 성능을 발휘하고 있다.

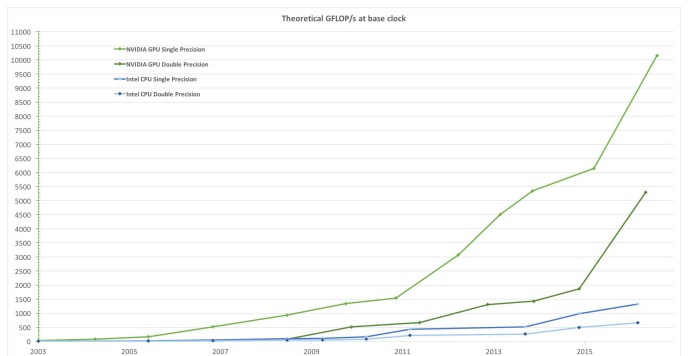


그림 3

위 그래프는 CUDA프로그래밍 가이드에 있는 그래프로, GPU의 소수점 연산 성능이 CPU에 비해 뛰어남을 볼 수 있다. 그래프의 오른쪽 끝을 보면 intel CPU Single Precision은 1000GFLOP/s정도의 성능인데 반해 NVIDIA GPU Single Precision은 10000GFLOP/s 정도로 10배 이상의 성능차이가 있는 것을 알 수 있다.

GPU의 성능을 일반적인 신호 처리나 물리 시뮬레이션, 생물학적 계산 같은 데이터 병렬처리에 이용하고자 하는 것이 GPGPU이다. GPGPU라는 기술은 대용량의 데이터를 빠른 속도로 처리해야 하는 컴퓨터 비전 분야 등에서 성능 향상을 위해 사용되고 있다. CUDA는 GPGPU를 지원하기 위해 나온 솔루션으로, NVIDIA에서 제작한 병렬 컴퓨팅 플랫폼 모델이다.

현재 openCV프로그램은 CUDA와 연동하여 openCV 상에 GPU를 지원하고 있다. openCV상에서 양방향 필터 처리와 캐니검출을 openCV GPU환경과 GPU환경에서의 함수 처리 속도를 비교한 결과 openCV GPU처리속도가 openCV CPU의 처리 속도보다 약 12.7배 정도의 빠른 처리속도를 가진다.[8]

연구과제인 실시간 객체검출에 openCV CUDA를 적용하여 영상데이터를 병렬 처리 방식을 활용한다면 기존 CPU를 통한 영상처리 보다 더 빠르고 안정적으로 객체검출이 가능할 것이라고 생각한다.

3. 결론 및 향후 발전 방향제안

3-1. 결론

본 연구는 현재 일반 성인의 보행속도에 맞춘 기존의 보행 신호체계의 문제점을 보완하고, 늘어가고 있는 고령보행자의 사고율을 줄여 나가기 위해 진행하고 있다. 또한 휠체어 및 보행보조기를 이용하는 교통약자들도 본 신호체계를 통해 횡단 시 안전을 확보할 수 있도록 한다.

영상처리와 딥러닝기술을 이용하여 신호체계를 제어함으로써 보행자를 인식하고 보행자의 상황에 맞는 제어를 통해 고령보행자 및 교통약자들의 안전을 더욱더 높일 수 있다고 기대하고 있다.

횡단보도는 보행자뿐만 아니라 차량운전자도 있는 공간이다. 보행신호 연장으로 인해 다른 교차로 신호체계에 큰 영향을 주는 것은 바람직하지 않다. 그러므로 신호연장 시 인접 교차로와의 거리 및 신호흐름을 확인하여 연장가능대폭을 확인, 신호연장의 임계값까지만 연장함으로써 교통흐름에 방해가 되는 영향을 줄여나가 보행자와 더불어 운전자 모두에게 도움이 되는 횡단시스템을 구현하는 것을 목표로 하고 있다.

3-2. 향후 발전 방향 제안

현재 연구하고 있는 신호체계는 횡단보도 위에 보행자가 있을 경우 보행신호가 일정 시간 이하일 때 자동으로 신호를 연장하는 알고리즘을 갖고 있다. 이를 더 발전시켜 보행자 신호 녹색등이 점화되기 이전 보행자 대기선에 휠체어 및 보행보조기를 이용하고 있는 보행자를 감지하여 미리 보행신호를 연장시키는 경우를 추가되어야 할 것이다. 이를 위해 딥러닝 학습 모델 중 휠체어 및 보행보조기를 학습시키는 연구가 필요하다.

최근 공유키펠드를의 이용률 증가로 공유키펠드 관련 안전사고도 증가하고 있는 추세이다. 횡단보도를 횡단할 때 전동키펠드는 내려서 횡단하는 것이 원칙이다. 하지만 개인의 편의를 위해 키펠드를 타고 횡단을 시도하다 사고가 발생하기도 한다. 그렇기 때문에 딥러닝 학습 모델에 전동키펠드에 대해 추가시켜

전동키펠드를 감지하면 내려서 안전하게 횡단할 수 있도록 음성안내를 출력하는 연구도 수행되어야 할 것이다.

마지막으로 딥러닝을 통한 영상처리는 외부환경에 따라 매우 민감하다. 밝기의 정도, 기후 환경의 정도, 교차로 환경의 정도에 따라 감지능력이 달라진다. 본 연구는 비가 내리지 않는 맑은 상황에서의 환경에서 딥러닝 모델을 학습시켰으므로, 다양한 환경에서의 이미지 데이터를 학습시켜 외부환경에 따른 영향을 최소화 시킬 수 있는 연구도 시행되어야 한다.

※본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재 양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1] 안영필, 김동춘, 나승권, “교통신호등 제어를 통한 교통망 최적화 알고리즘”, 한국항행학회논문지, 제21권, 제5호, 7페이지, 2017
- [2] “서울특별시 스마트 서울 포털”, 「스마트 횡단보도」 서비스, 2021년 10월 10일 접속
- [3] 경찰청(스마트 횡단보도 설치 이전과 이후에 대한 효과), 2021.10.10.
- [4] “스마트 횡단보도 설치했더니, 차량정지선 위반 70% 줄어”, <환경과 조경>, 2020.02.25.
- [5] “양천구, AI(인공지능)기술 적용한 스마트 횡단보도 설치한다”, <시사경제신문>, 2020.05.07.
- [6] “구로구, 스쿨존 4곳에 ‘구로형 스마트폴’ 설치”, <해럴드 경제>, 2021.10.06.
- [7] “남해읍 거리 스마트 기술로 더 안전해졌다” <경남도민일보>, 2021.09.27.
- [8] 이태희, 황보현, 윤종호, 최명렬 “처리 속도 향상을 위해 openCV CUDA를 활용한 도로 영역 검출”, 디지털 융복합 연구, 232-233페이지, 2014