

IoT를 사용한 스마트 횡단보도 시스템

안광은, 정영주, 박재성, 정세연, 최홍준, 이종섭, 서동만
대구가톨릭대학교 IT공학부
sarum@cu.ac.kr

Smart Crosswalk System using IoT

KwangEun An, Young Ju Jeong, Jae Sung Park, Se Yeon Jeong, Hong Jun Choi, Jong Sup Lee, Dongmahn Seo
School of Information Technology Engineering, Catholic University of Daegu

요 약

본 논문에서는 횡단보도의 보행자와 차량 간에 효율적인 도로 사용을 유지하면서 횡단보도 사고의 많은 부분을 차지하는 야간 횡단보도 보행자 사고를 센서, 카메라, 투광기 및 네트워크를 활용하여 사전 예방하고 사고 발생 시 이를 적극적으로 추적하고 후속 조치를 취할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 보행자가 횡단보도에 진입하였을 때 보행자에게 조명을 비추어 보다 먼 거리에서 운전자가 용이하게 식별을 할 수 있으며, 횡단보도 내 사고 발생 시 관제 센터에서 현장 정보를 수신 받아 상황에 맞춰 대응할 수 있는 환경을 제공한다.

1. 서론

횡단보도는 차량과 보행자가 공유 하는 길이다. 차량과 보행자 간 원활한 사용 기회를 제공하기 위하여 횡단보도는 일정한 신호체계에 따라 동작한다. 이를 위한 횡단보도 신호 체계는 각 신호를 시간에 따라 분배하는 방법과 보행자의 요구에 의해 신호가 발생하는 방식 등이 있다. 국내에서는 해마다 차량의 수와 도로의 면적이 증가함에 따라 횡단보도와 신호기가 함께 증가하고 있다[1]. 이러한 신호기의 신호 체계는 일정한 시간주기를 기반으로 하는 방법이 주를 이루고 있다. 한정된 국내의 지리적인 특성을 고려하여 보행자와 차량과의 효율적인 도로사용을 위한 다양한 신호 체계 연구와 실험이 필요하다. 국외에서는 보행자의 횡단 의사에 기반을 둔 효율적인 시스템을 운영하는 사례가 있다. 예를 들어 Puffin Crossing [2]은 카메라를 활용하여 보행자의 필요에 따라 횡단보도 보행을 선택할 수 있음은 물론 노약자나 장애우에게도 충분한 횡단 시간을 제공하도록 지원한다. 다양한 신호체계의 발전에도 불구하고 교통사고는 해마다 꾸준히 발생하고 있다. 2014년도 국내 교통사고 중 부상자가 약 15.3%와 사망자의 40%가 보행자 교통사고이다. 보행 사망자 중 도로횡단에 의한 사망자는 약 63%로 이는 전체 교통사고의 사망자 중 약 25%인 1211명에 달한다[3]. 미국 통계청 조사[4]에 따르면 보행자 사고의 68%에서 72%가 18시부터 익-일 06시 사이에 발생한다. 그 중 73%가 도심지역에서 발생하며, 69%가 교차로가 아닌 구간에서 발생한다. 더불어

72%의 사고가 조명이 없는 도로에서 발생한다[4]. 이러한 형태의 사고를 줄이기 위해 운전자에게 차량 전방의 보행자나 장애물을 감지하여 경고를 줄 수 있는 시각 기반의 LIDAR 보행자 감지 시스템[5]과 횡단보도에서 보행자를 용이하게 발견할 수 있도록 횡단보도를 투광해주는 LightGuard 시스템[6], 횡단보도 운전자에게 구역을 표시로 보여주어 알려주는 Pavement Marker[7] 등의 연구가 있었다. 이 시스템들은 운전자가 보행자를 인지할 수 있도록 보행자 인식 또는 감지를 통해 경고하여 사고를 방지하거나 보행자와 신체적 손상정도를 최소화 시킬 수 있도록 유도 한다. 그러나 야간에 차량과 보행자 간의 심각한 사고가 발생한 경우 신속하게 피해자 구호 활동 지원에 대한 기능이 고려되어 있지 않다.

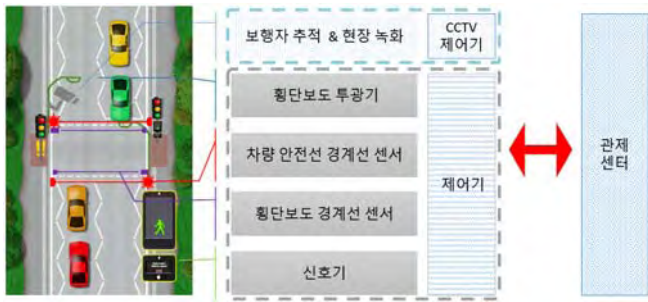
본 논문에서는 횡단보도의 신호체계를 효율적으로 관리하면서 횡단보도 내 교통사고를 방지하고 유사시 적극적인 구호 활동이 가능한 스마트 횡단보도 시스템을 제안한다.

2. 관련연구

John D. Bullough et al[8]가 연구한 투광기의 디자인에 따른 효과 평가는 투광기의 설치 수와 설치 방법에 대하여 운전자의 보행자 인식률에 대한 효율성이 다를 수 있다. 실제 운용 시 적은 비용으로 효율적인 보행자 인식률을 여러 디자인을 고려할 수 있다.

비정상 움직임 추적에서는 간단한 알고리즘을 사용하여 보행자를 추적하였으나 Piotr Doll'ar et al[9]의 연구와 같이 다양한 방식의 영상추적을 이용하여 세세하게 사람과 차량을 추적한다. 영상처리 패턴을 적용한다면 이상 움직임에 대한 정확도를 늘려 허위 오류 가능성을 줄일 수 있

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임. (NRF-2015R1C1A1A02036686)



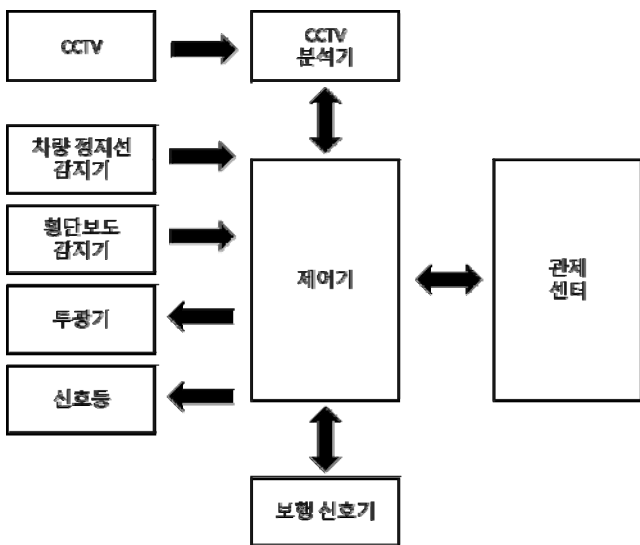
(그림 1) 스마트 횡단보도 시스템 아키텍처

다. Jules White et al[10]는 스마트 폰을 활용하여 보행자의 교통사고를 주변사람에게 알리는 시스템에서 주변의 항상 사람이 요구되어 지는 시스템이 아닌 신호를 제어기로 바로 전송하여 보행자의 사고를 더 높은 정확도로 확인하고 또한 카메라 밖에서 이루어진 사건 또한 추적할 수 있다. 결과적으로 관제 센터의 빠른 대응과 업무량 감소를 달성할 수 있다.

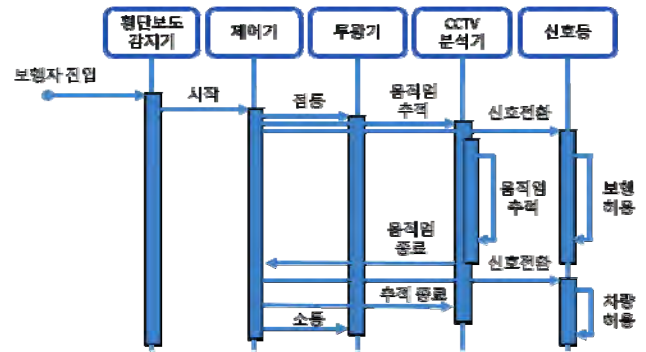
경계선 감지기에서는 한 종류의 센서를 사용하여 보행자 및 차량의 검사에 사용되었으나 Ashish Dhar[11]는 다양한 센서들을 사용하여 보다 더 높은 정확도로 차량을 추적하고 통행량을 확인한다면 스마트 횡단보도의 정확도에 보다 더 높은 효율성을 기대할 수 있다. 또한 보행자가 횡단보도로 진입하기 전 신호 대기 상태일 때 보행의지를 상실하여 이탈하는 경우의 대한 확인이 가능하고 이에 대한 큰 전력을 사용하는 장비들이 전체 보행 알고리즘을 이행하지 않고 중간에 중단할 수 있다면 높은 비용 효율성을 기대할 수 있다.

3. 시스템의 구성

제안하는 스마트 횡단보도 시스템은 보행자와 운전자의 횡단보도 도로의 점유에 대한 전환을 보행자의 필요에 따라 효율적으로 수행하고 장애우나 노약자에게는 충분한 보행의 기회와 시간을 제공하여 보행자 중심의 횡단보도



(그림 2) 신호 및 데이터 흐름도



(그림 3) 능동 보행 신호기 순서도

환경을 제공한다. 차량과 보행자 교통사고의 대부분이 야간에 일어나는 것에 기인하여 보행자 인식을 위한 경계선 검사기와 야간 투광기를 사용하여 운전자가 보행자를 보다 먼 거리에서 발견하고 미리 대비할 수 있도록 한다. 야간에 보행자의 횡단보도 횡단 시 사고의 위험성을 크게 줄여준과 동시에 만약 사고가 발생한 경우 이를 감지하여 긴급대응센터의 상황 감시자가 녹화된 영상을 전송받아 해당 상황을 판단하여 이에 따른 적절한 조치를 바로 취할 수 있도록 한다.

제안하는 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 경계선 감지기와 보행자 추적 녹화기, 신호기, 투광기, 제어기 등의 모듈과 관제센터로 구성된다.

경계선 감지기는 차량, 사람 혹은 물체가 해당 지역을 지나가는 여부를 판단하는 장치로 횡단보도 감지기와 차량 정지선 감지기로 구분 할 수 있다. 횡단보도 감지기는 보행자 또는 물체의 횡단보도 영역 내 진입여부를 판단한다. 장치로 횡단보도 감지기와 차량 정지선 감지기로 구분 할 수 있다. 횡단보도 감지기는 보행자 또는 물체의 횡단보도 영역 내 진입여부를 판단한다. 차량 정지선 감지기는 차량의 정지선 통과 여부를 판단하며 통과하는 속도를 측정하기도 한다.

보행자 추적 녹화기는 영상처리를 위한 컴퓨터와 CCTV카메라가 하나의 모듈로 구성되어있다. 보행자 추적은 횡단보도 내 움직이는 보행자나 이동 물체의 위치를 지속적으로 추적 한다. 이 추적정보는 경계선 검사기만으로 판단할 수 없는 횡단보도 내 보행자나 물체의 추적 정보를 수집한다. 횡단보도에서 교통사고 발생 시 해당 영상 정보를 실시간으로 제어기에 전달하여 영상을 기록한다.

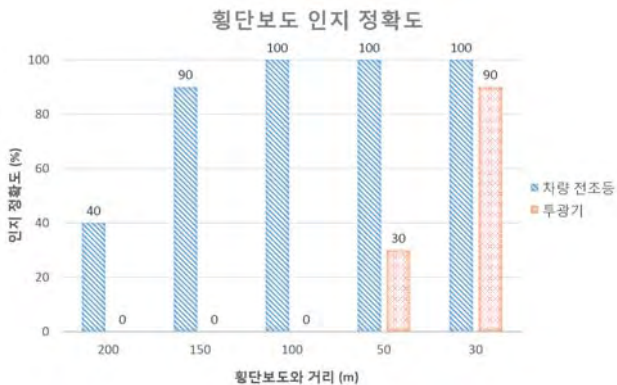
신호기는 횡단보도 및 차량의 신호를 제어하는 모듈이다. 보행자가 없을 때는 횡단보도는 차량을 통과시키지만, 보행자가 횡단보도 진입을 위해 보행신호기를 누르면 차량 진입을 막고 보행자가 통과할 수 있도록 신호를 변경한다. 사고 발생 시 제어기는 후속 사고 방지를 위해 차량 신호를 변경한다.

투광기는 보행자의 횡단보도 진입과 보행 시 해당 영역의 조도를 높여주어 차량 운전자가 보행자를 용의하게 식별 할 수 있도록 한다.

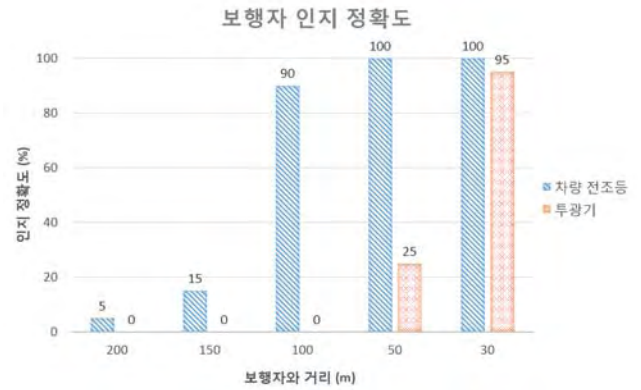


(그림 4) 스마트 횡단보도 프로토타입

제어기는 제안하는 시스템의 모든 모듈을 제어/관리하고 관제센터와 통신하는 역할을 한다. 그림 2에서 보는바와 같이 제어기는 각 모듈과의 통신을 통하여 시스템의 전체를 관리한다. 제어기는 그림에서의 화살표는 통신의 방향성을 나타내며, 이 데이터 흐름을 기초로 경계선 감지기와 보행자 추적기 및 신호기에서 얻은 정보를 기반으로 능동 보행 신호화 비정상 움직임 추적 그리고 위급상황에 대처하기 위한 알고리즘을 포함한다. 능동 보행 신호 알고리즘은 보행자가 횡단보도에 있을 때 보행자의 상황에 따라 신호 시간을 제어한다. 장애우나 노약자에게 지정된 횡단보도 보행 시간 보다 긴 시간을 확보할 수 있도록 지정 보행 신호 시간을 초과 시에 보행자 추적기로부터 횡단보도 내 보행자 존재여부를 확인하여 신호를 바로 전환하지 않고 보행신호를 유지한다. 그림 3은 제어기가 보행자가 횡단보도에 진입 후 이탈까지 신호 유지를 위한 시퀀스 다이어그램이다. 비정상 움직임 추적 알고리즘은 보행자의 횡단보도 횡단 불가상황, 보행자 횡단 중 차량 주행 상황을 추적한다. 표 1에서 신호 순서가 각 센서에서 문제되는 형태에 대하여 두 가지 경우로 분류하고 각각 다른 알고리즘으로 대체한다. 보행자의 횡단보도 내 이동이 불가능한 상황을 추적함으로써 유사시 관제 센터에 보고하여 상황을 수습할 수 있도록 한다. 보행자 횡단 중 차량의 횡단보도 진입 시에는 사고 발생 가능성이 높아지므로 제어



(그림 5) 횡단보도 인식 정확도



(그림 6) 보행자 인식 정확도

기는 관제센터로 해당 상황 정보를 전달한다.

관제센터는 각종 상황에 대한 정보를 제어기로부터 수신하여 센터 근무자에게 확인을 요청하여 상황에 대응할 수 있도록 한다. 센터 근무자는 제어기에 해당 상황에 대한 영상을 요청하여 해당 상황을 실시간으로 확인 할 수 있다. 만약 인명사고가 발생한 경우 응급 구호조치를 취할 수 있도록 유관기관에 해당 정보를 신속히 전달할 수 있다.

4. 구현 및 실험 결과

제안하는 시스템의 운영 가능성을 실험하기 위해 모형 도로와 횡단보도를 이용하여 프로토타입 형태의 시스템을 구현하였다. 그림 4에서 제어기와 CCTV분석기는 라즈베리 파이를 사용하고 아두이노를 사용하여 신호, 투광기 그리고 경계선 감지기로 신호를 전달하였다. CCTV는 웹캠을 사용하였고 유관기관은 웹페이지로 구축하여 제어기에서 보내는 영상신호를 수신하였다. 모형에서는 보행자가 횡단보도내 존재 시 차량의 정지선 위반 신호를 확인 및 서버로 전송하였고 영상을 데이터베이스에 기록하였다.

제안하는 시스템 환경에서 야간 보행자 인지를 통한 보행자 사고 예방 효과를 확인하기 위해 실제 도로 환경을 바탕으로 실험하였다. 본 실험에서 국내에서 주로 사용되고 있는 가로등을 투광기로 사용하였다. 보행자는 180cm의 성인 남성이 어두운 옷을 착용하여 밝은 옷의 빛 반사를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 도심에서 자주 사용하는 승용차를 기준으로 하향등을 켜고 운행하는 상황을 가정하여 실험을 진행하였다. 각 실험은 밝기 값을 고정한 상태로 찍은 사진을 거리별로 찍어 횡단보도나 보행자를 찾는 방식으로 운전자로 가정한 성인 20명에게 판독을 진

<표 1> 비정상 움직임의 형태

추적 형태	문제점
보행자 움직임	횡단보도 장시간 점유. 횡단보도 횡단 불가.
경계선 센서	운전자 차량 정지선 돌파. 차량의 고속 이동.

행하였다. 차량은 60km/h로 이동한다고 가정을 하고 각 사진을 판단하는데 5초의 제한시간을 주었다. 또한 사진 근접 거리 사진을 보고 대략적인 횡단보도나 보행자의 위치에 대한 추측성 답변을 배제하기 위해 가장 먼 거리의 사진을 판독하게 하였다.

그림 5는 운전자가 횡단보도 인지를 제한시간 내에 정확하게 인지한 통계이다. 차량 전조등은 바닥면의 횡단보도를 인식할 때 50m부터 식별 가능하였으나 30m부터는 80%의 인원이 식별을 하였다. 그러나 투광기는 차량 전조등이 인식할 수 있는 거리보다 5배나 긴 거리로부터 인식할 수 있었다. 운전자의 인식거리 효율성은 가장 비슷한 정확도를 기준으로 비교하였을 때 투광기가 120m거리를 먼저 확보하였다.

그림 6에서 보행자 인지 정확도는 보행자의 형태를 확인하는데 투광기와 차량 조명등은 200m와 150m에서는 거의 포착하지 못하거나 포착이 불가능하였다. 그러나 100m부터 투광기는 보행자의 윤곽을 포착하는 기회가 크게 증가하면서 대부분의 실험자가 보행자를 식별하였다. 이에 반하여 차량 전조등은 30m 거리부터 투광기와 근사한 비율의 포착률을 보였다. 가장 비슷한 정확도를 기준으로 비교하였을 때 투광기가 3배의 보행자 인식률인 70m차이를 보였다.

그림 5와 6의 실험 결과에서 보는 바와 같이 야간 횡단보도에서의 투광기 운영이 운전자의 보행자 인지에 큰 도움을 줄 수 있음을 확인하였다. 이에 따라 보행자를 인식하고 보행자 상황에 맞춘 투광기 운영이 야간 보행자 횡단 사고를 예방하는데 효과적임을 확인하였다. 기존의 시스템이 야간 시간 동안 지속적으로 투광기를 운용함에 반해 제한하는 시스템은 보행자 인식을 기반으로 필요한 경우에만 투광기를 운용함으로써 상대적으로 적은 전력을 소모하므로 많은 에너지를 절약할 수 있다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 보행자와 운전자의 편의를 제공하는 스마트 횡단보도 시스템을 제안하였다. 횡단보도의 투광기는 운전자에게 매우 높은 보행자 포착기회를 제공함으로써 고속 충돌에 의한 사고를 감소시킨다. 또한 사고가 발생 시 관제센터에서 사고와 동시에 빠른 대응이 가능해서 심각한 사고가 발생하더라도 보행자의 골든 타임을 충분히 확보하고 즉각적인 현장 통제가 가능하여 2차 사고를 방지한다. 운용에서는 이전의 횡단보도 투광기는 보행자의 사용시간보다 더 많은 시간을 보행자가 없는 시간에 비추기에 사용량 대 비용 효율이 매우 낮았으나 스마트 횡단보도는 보행자가 이용할 때 켜지므로 수요에 따른 소모가 가능해진다. 이 시스템의 설치가 확대된다면 운전자들에게는 야간에서도 멀리서 미리 보행자의 판단 유무와 관계없이 횡단보도 지역과 물체의 진입 여부를 바로 알 수 있으며 보행자는 횡단을 할 때 보다 더 안전한 상태로 횡단을 할 수 있는 기회를 제공하여 사고가 발생하더라도 빠르게

구조 받을 수 있다는 기대심리를 기반으로 보다 더 적극적인 횡단보도 사용을 유도할 수 있다. 향후에는 본 시스템이 설치된 구간에서 경계선 검사기를 사용한 차량 통행량 추적으로 보행자와 차량이 횡단보도 도로 사용 시간전환을 보행자의 횡단 요구에 응하면서 차량의 통행량의 효율을 크게 낮추지 않는 방법을 연구할 계획이다.

참고 문헌

- [1] 경찰청, “2015 교통여건의 변화”, 2015.
- [2] 경찰청, “2015 교통사고통계”, pp. 44, 2015.
- [3] Department for Transport. U.K., “Puffin Pedestrian Crossing”, Traffic Advisory Leaflet 1/10 department for Transport publishing, Feb. 2001.
- [4] NHTSA’s National Center for Statistics and Analysis, “2013 Pedestrians Traffic Safety Fact Sheet”, DOT HS 812 124, pp. 2-3, Feb. 2015.
- [5] Cristiano Premebida, Oswaldo Ludwing, and Urbano nunes, “LIDAR and vision-based pedestrian detection system”, Volume 26, Issue 9, pp. 696-711, Sep. 2009.
- [6] Herman Hwang, Ronald Hughes, and Charles Zegeer, Marsha Nitzburg, “An Evaluation of the LightGuard(TM) Pedestrian Crosswalk Warning System”, Florida Department of Transportation Safety Office publishing, June 1999.
- [7] June H, Ross, and Eric W.Brooks, “Evaluation of solar-powered raised pavement markers”, SPR pp.304-441, Jan. 2008.
- [8] John D. Bullough, Xin Zhang, Nicholas P. Skinner, Mark S. Rea, “Design and Evaluation of Effective Crosswalk Illumination Final Report”, FHWA-NJ-2009-003, pp. 16-42, Mar. 2009.
- [9] Piotr Doll’ar, Christian Wojek, Bernt Schiele, and Pietro Perona, “Pedestrian Detection: An Evaluation of the Stat of the Art”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 34, Issue 4, Apr. 2011.
- [10] Jules White, Chris Thompson, Hamilton Turner, Brian Dougherty, Douglas C. Schmidt, “WreckWatch: Automatic Traffic Accident Detection and Notification with Smartphones”, Mobile Networks & Applications, Springer publishing, pp. 285-303, Mar. 2011.
- [11] Ashish Dhar, “Traffic and Road Condition Monitoring System”, M.Tech.Stage 1 Report, Nov. 2008.