스쿨존 차량 제어를 위한 포그 플랫폼 기반의 신호등 시스템 구현 기술 연구

나의균, 심우희, 이은규
인천대학교 정보통신공학과
e-mail : eklee@inu.ac.kr

Fog Platform based Traffic Signal System for Vehicle Control in School Zone

Ui-Kyun Na, Woo-Hee Sim, Eun-Kyu Lee*
Dept. of Information and Telecommunication Engineering, Incheon National University

요 약

포그 컴퓨팅 기술은 물리적 환경과 빈번하게 상호작용이 일어나는 사이버-물리 시스템에서 네트워크의 엣지에 있는 시스템이 컴퓨팅 작업을 수행하도록 함으로써 지역의 데이터를 실시간으로 수집하고 처리할 수 있다. 본 논문에서는 스쿨존내에서 안전을 높이기 위한 횡단보도의 신호등에 포그 컴퓨팅 기술을 적용한다. 신호등 시스템은 횡단보도에 접근하는 자동차를 인지하고, 위험 상황을 미리 방지하기 위해 자동차를 제어할 수 있다. 실험을 위해 사물인터넷 기술을 이용해 소형 테스트베드를 만들었으며, 신호 정보를 변화시키며 실험을 수행한다.

1. 서론

지난 10 년간 스토리지, 데이터 처리, 제어와 같은 컴퓨팅 서비스 기술은 클라우드로 집중되어 왔다. 더불어 현재의 클라우드는 무제한의 컴퓨팅 능력을 제공하고 있다. 인터넷으로 연결되는 모든 기기들(스마트폰, 사물인터넷 기기 등)에서 발생되는 데이터를 클라우드에 저장하고 이러한 데이터를 빠르게 처리함으로써 과거에는 생각하지 못했던 사용자 서비스 및 스마트폰 애플리케이션이 개발되고 있다. 기술의 발전에 따라, 최근에 소개되는 서비스들은 실시간 데이터 처리, 위치 기반의 지역 문맥 생성, 무선 통신 기술의 효율 극대화 같은 기술을 요구하고 있다. 하지만, 클라우드 기술만으로 새롭게 대두되는 요구사항을 만족시키지 못하고 있다. 예를 들어, 스쿨존 횡단보도에 설치될 수 있는 지능형 신호등의 경우, 교통 신호, 보행자, 그리고 횡단보도로 다가오는 자동차와 상호 연결되어 정보를 주고 받으면서 동작한다. 안전한 상황을 유지하기 위해 때로는 다가오는 자동차를 멈출 수 있어야 한다. 하지만, 이렇게 실시간성을 필요로 하는 상황에서 클라우드로 데이터를 전달하여 처리하고 결과를 다시 신호등 시스템으로 전달하는 과정은 지연을 발생시킬 수 밖에 없다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 최근 포그 컴퓨팅 (Fog Computing) 기술이 대안으로 제시되고 있다.

모든 데이터를 클라우드에서 처리하는 대신에, 포그 컴퓨팅 기술은 네트워크의 엣지(Edge)에 있는 시스템에서 컴퓨팅 작업을 수행하도록 함으로써 지역의 데이터를 실시간으로 수집하고 처리할 수 있다. 포그 컴퓨팅 기술은 물리적 환경과 빈번하게 상호작용이 일어나는 사이버-물리 시스템(Cyber-Physical System, CPS)이 적용되는 모든 시나리오에 적용이 가능한다. 본 논문에서는, 특히, 스쿨존내에서 안전을 높이기 위한 횡단보도의 신호등에 포그 컴퓨팅 기술을 적용한다. 조금 더 구체적으로, 신호등 시스템은 횡단보도에 접근하는 자동차를 인지하고, 위험 상황을 미리 방지하기 위해 자동차를 제어하는 시스템을 개발한다.

2. 스쿨존에서 안전을 위한 시스템

스쿨존이란 어린이를 교통사고로부터 보호하기 위해 초등학교 주변 일정한 거리내를 어린이 보호구역으로 지정하여 교통시설 및 교통체계를 어린이 중심으로 변경하는 것을 의미한다 [1]. 현재 스쿨존에 설치된 안전시스템으로는 교통안전표시해주는 표지판과, 과속방지턱, 속도 30km/h 제한, CCTV, 엘로카펫, 무인단속장비가 있다. 그러나 그림 1 에서 보이듯이 스쿨존 관리가 제대로 안되어 페인트가 많이 지워지고, 불법주정차가 금지되어 있는곳임에도 불구하고, 불법주정차 되어 있는 차량을 확인할 수 있다. 인천의 경우 681 개의 스쿨존이 존재하는데, 무인단속장비는 29 개 (4.3%)만 설치되어 있다.

스쿨존내 사고 발생률은 2013 년부터 최근 3 년간 꾸준히 증가하고 있지만, 스쿨존 예산은 2011 년부터 계속해서 감소하고 있다. 2016 년은 65 억 6 천만원으로, 2011 년에 비해 1/10 이상 감소되었다. 이로 인해 시설 관리도 미흡하고, 단속 장비도 설치가 안된 곳도 많이 존재한다. 무엇보다, 많은 사람들이 스쿨존에

대해 잘 모른다는 것이 문제인데, 스쿨존 구역은 불법 주정차가 금지되어 있지만, 불법 주정차된 차량을 흔하게 볼 수 있다. 불법 주정차로 인해, 상대적으로 키가 작은 학생들이 사고 위험에 처하게 된다.

운전자가 안전운전을 하는 상황에서도 갑자기 안보이는 사각지대에서 나오는 학생들로 인해 사고가 나는 경우도 있다. 기존에 스쿨존에 사고를 막기 위해 설치된 CCTV, 무인단속장비를 보면 사고를 예방하는 것일 뿐, 사고가 일어나는 것을 막을 수 없다는 단점이 있다. 또한 계속해서 감소되는 스쿨존 예산으로 인해 시설 관리를 하기 힘든 상황인 곳도 많이 있는 상황이다.

(그림 1) 스쿨존내 안전시스템 현황

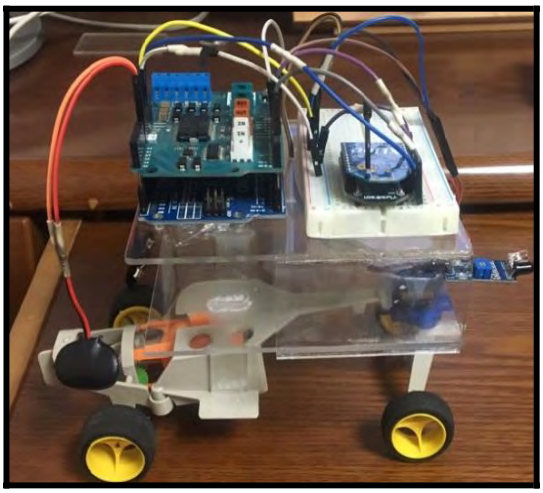
미래 자율 주행 차량의 시대를 대비해, 스쿨존 안전 시스템을 구현한다면, 사고를 더 효율적으로 대비할 수 있을 것이라고 판단된다. 실제 V2V(Vehicle to Vehicle) , V2I(Vehicle to Infrastructure)의 연구[2]는 계속해서 이루어 지고 있으며, 국토교통부 주관으로 2018년 완공예정을 목표로 세종시와 대전시에 서비스 시범사업을 진행하고 있다. 또한 미국의 V2I 경우, 시뮬레이션을 통해 81%의 교통사고 감소가 예측됐으며, 이를 국내 교통사고에 적용시 76%의 교통사고 감소가 예측되고 있다. 본 논문은 스쿨존 내에서 신호등과 차량간 통신을 가능하게함으로써 교통사고를 감소시킬 수 있는 시스템을 개발하는데 목표를 두고 있다. 이를 위해, 차량에 장애물 감지 센서를 부착하고, 갑작스런 물체가 나오는 경우 신호등은 이를 감지하여 차량을 정지시킬 수 있다.

3. 제안 시스템 개요

본 논문에서는 스쿨존이라는 특수한 공간을 축소 반영을 하여 스쿨존 시스템을 구현한다. 스쿨존의 환경을 만들기 위해 아두이노[3]를 이용하여 신호등을 구현하며, 실제 차량은 RC Car 1, 2 총 2 대를 구현한다. RC Car 2 대를 사용한 이유는, 자동차간에도 FC-51 장애물 센서[4]를 통해, 차량간 접촉사고가 일어나는 것을 방지하는 시스템을 실험해보기 위한 것이다. 실제 스쿨존 신호등(왕복 1 차선) 측정 결과, 빨간신호, 주황신호, 초록신호 측정 시간은 22 초, 3 초, 45 초다. 우리는 실제 스쿨존에서의 신호등 동작 시간을 작품에 축소 반영해서, 빨간색, 주황색, 초록색을 10 초,5 초,10 초로 동작하도록 설정을 한다. 차량과 신호등은 지그비 기술[9]을 이용하여 통신한다. 블루투스 기술은는 상대적으로 통신거리가 짧아 실제 상황에서는 적용하기 어려운 점이 있다.

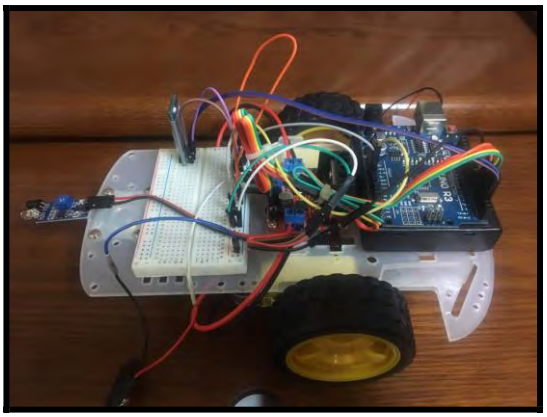
4. 시스템 구성도

자동차 1: RC Car1 제작을 위해 아두이노에 Motor Shield Rev3 [5] 부착했으며, Motor Shield 에 연결된 DC 모터를 뒷바퀴에 연결하여 차량의 전,후진 제어를 한다. DC 모터의 속도는 PWM 값을 통해, 설정된 속도 값으로 동작한다. 주황신호의 경우 PWM 의 값을 절반으로 감소하며, 정지신호를 받는 경우 PWM 값을 0 으로 설정함으로써 속도를 제어한다. 앞바퀴에는 서보모터를 연결함으로써, 차량의 방향전환을 할 수 있도록 구현한다. RC Car1 는 신호등과 지그비 통신을 함으로써, 각 신호등 색깔 별로 차량을 제어할 수 있도록 설정된다. FC-51 를 이용하여 일정 거리 내에 물체가 접근 또는 접촉사고 발생할 것 같다고 센싱되면, 차량을 정지하도록 한다. FC-51 자체에 있는 가변저항의 값을 변경함으로써, 센싱 거리를 설정할 수 있다. 센싱된 거리의 값은 최대 2~30cm 까지 측정 된다. 외부전원은 1.5V*4 & 9V 를 사용한다. 그림 2 는 RC Car1 의 구현된 모습이다.



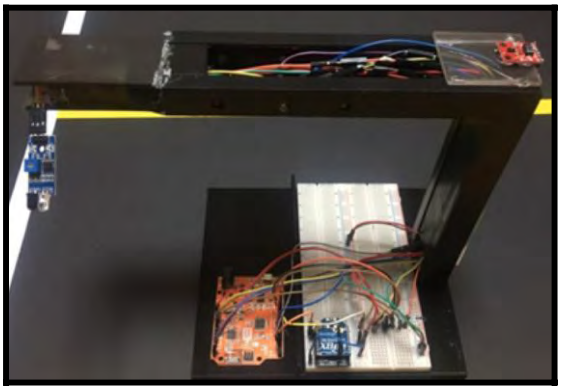
(그림 2) 자동차 2 구현

자동차 2: RC Car2 는 RC Car1 와는 다르게, Bluetooth HC-06[6]을 사용한다. 블루투스 통신으로 자동차의 동작을 실험 하기 위한 것이며, 안드로이드 앱인벤터[6]로 조종기 앱을 구현한다. 즉, 앱로 RC Car 의 작동을 조종할 수 있다. RC Car1 과 마찬가지로 FC-51 를 부착, 차량 사고 방지 기능을 구현하였으며, RC Car2 는 Motor Driver L298N 을 사용하여, 차량의 기본 전,후진 동작만 기능하도록 구현한다. 전원 공급은 RC Car1 과 마찬가지로 9V, 1.5V*4 개를 사용한다. 그림 3 은 RC Car2 의 구현된 모습이다.



(그림 3) 자동차 2 구현

신호등: 본체는 Tinkercad 프로그램[10]을 사용해서, 3D 프린터로 제작을 했다. XBee S1 를 통해 RC Car1 에게 각 신호등 정보에 따라 제어 명령을 전달한다. 신호등에는 장애물 감지 센서가 설치되어 있는데, 정지 신호인 경우, 횡단보도 정지선에 차량이 근접할 때, 이를 감지하여 차량을 정지시킬 수 있도록 한다. 그림 4 는 RC Car2 의 구현된 모습이다.



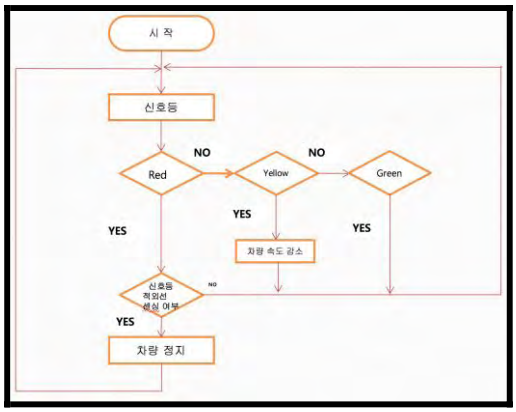
(그림 4) 신호등 구현

표 1 은 신호등의 동작 방식을 보여준다. 실제 신호등의 동작시간을 축소반영하여, 작품의 신호등 정보(빨, 주, 초)의 점등 시간을 10 초, 5 초, 10 초로 설정한다.. 또한 각 신호별로 차량에게 명령을 전달하도록 설정되었다.

<표 1> 신호등의 동작

신호등	동작 시간	명령 전달
빨간색	10초	정지명령
주황색	5초	속도 감소
초록색	10초	

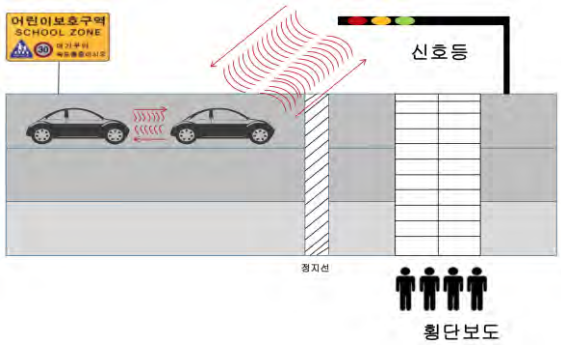
그림 5 는 신호등 동작 알고리즘을 보여준다. 신호등은 Red, Yellow, Green 마다 명령을 차량에 전달한다. 빨간신호인 동시에 장애물감지센서가 차량이 지나간다고 확인되면, 차량을 정지시키기 위해 PWM 값을 0 으로 설정한다. 또한 주황 신호일때는 차량의 속도를 감소 시키기 위해 PWM 을 기존 속도의 절반값으로 설정한다.



(그림 5) 신호등 동작 알고리즘

5. 시스템 동작 실험

제안 시스템의 동작 실험을 위해, 각 RC Car 를 Car1, Car2 로 신호등은 Ts 으로 설정을 한다. 전체적인 실험은 Ts 과 Car1 간에 통신을 함으로써 각 신호의 색깔별로 차량의 동작을 제어하는 명령을 보내고, 그에 따른 차량의 반응 동작을 확인하는 실험과, 갑자기 나오는 물체에 반응하여 차량에 부착된 FC-51 센서를 사용하여, 차량을 정지시키는 것에 대한 실험을 진행한다. 그림 6 은 실험을 위한 시나리오를 나타낸다.



(그림 6) 시스템 동작 실험을 위한 시나리오

1) 정지신호: 신호등이 빨간 신호일 때는 차량을 정지시키는 명령을 전달한다. 차량이 정지선 앞에서 멈추도록 설정을 하기 해서 신호등에 있는 FC-51 센서가 정지선앞까지 센싱하도록 설정했다. 차량을 전진시킨 다음, 정지선 앞에서 정지하는 것을 테스트하였다. 10 번의 테스트를 해본 결과, 6 번 정지선 앞에서 멈추는 것을 확인할 수 있었다. 안전과 직접적으로 연결되어 있는 만큼 4 번의 동작 실패는 큰 오류라고 할 수 있다. 이 문제점으로는 차량의 속도가 빠를 경우 FC-51 이 차량을 인지하기도 전에 차량이 지나간다는 문제점이 발견되었다. 이를 해결하기 위해서, FC-51 의 센싱 거리를 길게 할 수 있으나, 이 경우는 정지선에서 거리가 먼 곳에서 멈추는 것을 확인할 수 있었다.

2) 주황신호; 신호등이 주황색일 때는 차량의 속도를 절반으로 감소시킨다. 즉 PWM 의 값을 절반값으

로 설정한다. 이 경우는 차량을 우선적으로 전진작동을 하게 한 다음, 10 번의 실험을 했을 때, 모두 정상적으로 속도가 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

3) 초록신호: 초록색 신호일 때는 차량은 신호등의 명령을 따로 받지 않고 그대로 작동을 하도록 설정을 했다. 이 경우, 차량은 신호등의 제어를 받지 않고, 정상적으로 지나가는 것을 확인할 수 있었다.

6. 결론

본 논문에서는 스쿨존내에서 안전을 높이기 위한 횡단보도의 신호등에 포그 컴퓨팅 기술을 적용하였다. 신호등 시스템은 횡단보도에 접근하는 자동차를 인지하고, 위험 상황을 미리 방지하기 위해 자동차를 제어할 수 있다. 실험을 위해 사물인터넷 기술을 이용해 소형 테스트베드를 만들었으며, 신호 정보를 변화시키며 실험을 수행함으로써 안전한 방식으로 동작하는 것을 확인하였다. 본 논문에서 구현된 시스템은 기존 스쿨존에 설치된 안전시설보다 효율적인 안전시설이며, 사고를 예방하는 것이 아닌, 실질적으로 사고가 발생하는 것을 막아줄 수 있는 시스템이라고 할 수 있다. 본 시스템은 스쿨존의 구역에만 한정되는 것이 아닌, 대학교 캠퍼스 내에서도 적용시킬 수 있다. 대학교 캠퍼스는 도로교통법상 도로에 해당되지 않아, 속도의 제한을 두는 것이 힘들고, 그로 인해 실제로, 캠퍼스 내에서도 교통사고가 많이 발생한다. 이 시스템을 도입해서, 캠퍼스 내 차량의 속도를 제어함으로써 과속을 못하도록 할 수 있을 것이다.

Acknowledgement

본 논문의 성과는 2016 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2016R1C1B1016084). 교신저자는 이은규임.

참고문헌

[1] 스쿨존, http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2847150&cid=47305&categoryId=47305
[2] Vehicle-to-Vehicle (V2V), https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-vehicle
[3] Arduino https://www.arduino.cc/
[4] FC-51 장애물 센서, http://qqtrading.com.my/ir-infrared-obstacle-detaction-sensor-module-fc-5
[5] Motor Shield Rev3, https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoMotorShieldR3
[6] 앱인벤터, ai2.appinventor.mit.edu