

4G 무선이동통신망을 이용한 교통신호상태정보의 실시간 제공에 관한 연구

(A Study on Real-time Provisioning of Traffic Signal Status Information using 4G Cellular Network)

요 약

자율주행차의 센서를 통한 교통 신호등 인식은 관련 연구가 지속되고 있음에도 조도 변화가 심한 시내 도로환경에서는 검출 오인식이 발생하는 비율이 높게 나타나는 현상이 존재한다. 본 논문에서는 교통신호제어기의 신호상태정보를 4G 무선이동통신망을 이용하여 실시간으로 제공하는 방안에 관하여 연구하였다.

ABSTRACT

Although related research continues on the recognition of traffic signal lights through sensors of autonomous vehicles, there is a phenomenon in which the rate of detection misrecognition is high in urban road environments with severe changes in illuminance. In this paper, we studied a method of provisioning the traffic signal status information of the traffic signal controller in real time using a 4G cellular network

키워드 : 자율협력주행, 자율주행차, 신호등 인식, 교통신호제어기, 교통신호상태
정보

Keywords : Cooperative Automated Driving, Autonomous Vehicle, Traffic Light
Recognition, Traffic Signal Controller, Traffic Signal Status Information

I. 서 론

교통신호등을 자율주행차가 인식하는 방법은 센서가 그간 학습된 정보를 토대로 색깔의 변화를 인식해 차를 출발하거나 멈추도록 한다. 다만 신호등마다 밝기나 채도가 조금씩 다르고, 3구 신호등 외에 신호등의 종류도 여러 가지이며, 야간에는 건물 조명과 간판 등도 인식을 어렵게 한다.[1]

도로에 설치된 교통신호등과 검지기의 정보를 토대로 교통신호를 운영하는 주체인 교통신호제어기(TSC: Traffic Signal Controller)는 교통신호상태정보(TSI: Traffic Signal status Infomation)를 외부로 전송할 있다.

본 연구에서는 TSI 전송 방안 중 4G 무선이동통신을 이용한 TSI 전송의 실시간성을 검증하였다.

II. 본 론

1. 교통신호제어기(TSC)

대한민국 경찰청에서는 교통신호제어기 표준 규격(KNPA-TSC-STANDARD-2010)을 발행하고 있으며, 현재 설치되는 대부분의 TSC는 이 규격을 준수하고 있다.

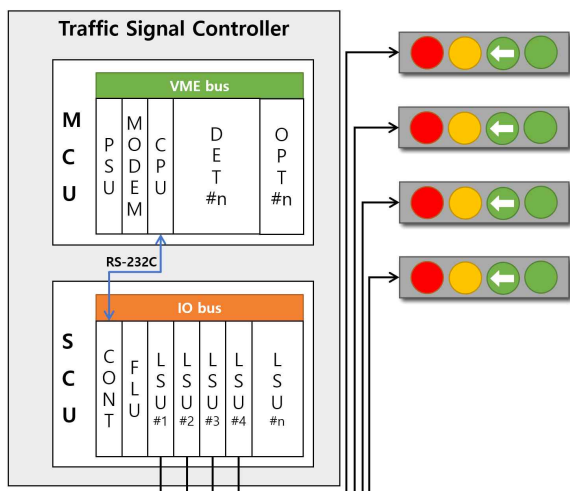


Fig. 1 Main components of TSC
그림 1. 교통신호제어기의 주요 구성

TSC는 <Fig. 1>과 같은 구조로 크게 주제어부(MCU: Main Control Unit)와 신호구동부(SCU: Signal Control Unit)으로 분류한다. 신호 운영은 CPU에 설정된 설정값을 기준으로 CPU에서 신호운영주기를 계획하

여 CONT(Controller)에 전송하면 CONT는 그 정보를 기준으로 LSU(Load Switch Unit)를 통해 신호등을 제어한다.[2]

신호관제센터가 구축된 지자체의 경우 센터에서 신호 운영상태를 모니터링하며, 차량 검지기의 교통량 검지 정보를 기반으로 원격으로 TSC의 신호운영 주기계획을 수립하고 운영할 수 있다.

2. 교통신호상태정보(TSI)

TSC에서 TSI를 제공하는 것은 ‘교통신호제어기 표준 규격 리비전23’부터 가능해졌으며, CPU에서 생성되는 TSI는 신호제어기 정보와 신호상태정보(SSI: Signal Status Info.)로 구성된다.

SSI는 신호등별로 정보가 생성되는 구조로, 가장 최신 배포판인 리비전27(20210504) 기준으로 TSI의 주요 정보는 <Table 1>과 같다.[4]

표 1. 교통신호제어기의 교통신호상태정보
Table 1. Traffic Signal Status Information of Korea TSC

구분	상세정보	설 명
TSC Info.	노드ID	제어기 ID
	운영정보	제어기 운영 제어 정보 (점멸, 수동, 감응 등)
	이상정보	제어기 이상 정보 (모순, 센터통신실패 등)
	주기시간	신호운영주기 시간(단위: 초)
	시간정보	제어기 현재 시간 (yyyy-mm-dd hh:mi:ss)
Signal Status Info.	신호등 종류	신호등의 종류 (직진, 좌회전, 보행 등)
	신호등 상태	신호등의 상태 (R, Y, G, RF, YF, GF 등)
	표출 시간	신호등의 총 표출시간(단위: 초)
	잔여 시간	신호등의 잔여 시간(단위: 초)
	방향 정보	신호등의 방향 정보

신호등 별로 SSI가 생성되기에 일반적인 상황(4지 교차로, 직진/좌회전/보행 신호)을 기준으로 본다면 이동류 별로 3개씩 총 12개의 SSI가 생성되며, 데이터의 크기는 프레임 헤더를 제외하고, 12바이트의 TSC 정보와 5바이트 단위의 SSI 12개로 이루어져서 총 72 바이트의 크기의 TSI가 매초마다 생성된다.

3. 교통신호상태정보(TSI)의 제공

TSC에서 TSI 생성하는 것은 CPU이지만 전송 주체

와 제공 주체에 따라 <Table 2>와 같이 분류할 수 있다.

표 2. TSI 제공 방식의 분류

Table 2. Classification of TSI provisioning methods

방식	TSI 전송주체	TSI 제공 주체
현장기반 TSI 제공	CVIB	현장 장비
센터기반 TSI 제공	CPU	센터

먼저 ‘교통신호제어기 표준 규격 리비전23’에서 도입된 CVIB(Connected Vehicle Interface Board)는 CPU에서 생성되는 TSI를 TSC 외부로 전송하게 해주는 옵션 보드[2]로 CVIB를 장착하여 노변기지국(RSU: Road Side Unit)와 연결할 경우 현장의 차량/단말에게 TSI를 제공하는 ‘현장 기반 TSI 제공 방식’이 가능하다.

‘교통신호제어기 표준 규격 리비전26’에서는 통신보안 규격을 준수하여 CPU에서 TSI의 외부 직접 전송이 가능하다.[3] 이는 TSI를 센터에서 수집하여 제공하는 ‘센터 기반 TSI 제공 방식’이 가능하다.

다만, TSC로부터 생성되는 실시간 신호정보를 수집, 이용시 정보의 이용 목적과 데이터 전송 과정 및 방법 등에 대하여 경찰청장의 승인을 득해야 한다.[4]

4. TSI Hub Center

<Table 2>의 분류를 기준으로 ‘센터 기반 TSI 제공 방식’을 택할 경우 <Fig 2>과 같이 무선이동통신망을 통해 TSI를 수집하고, 이를 자율주행차량 등 TSI 소비자에게 전송하는 구조가 가능하다.

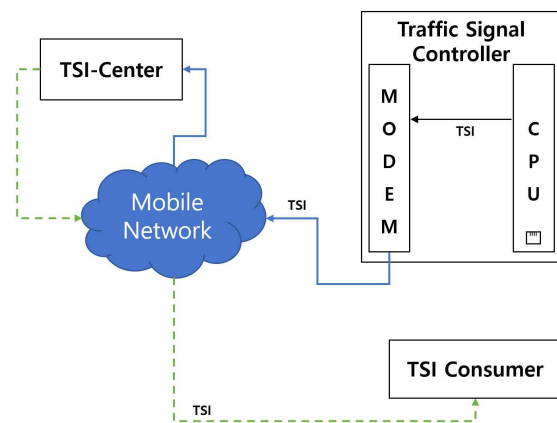


Fig. 2 Center-based TSI Provisioning method
그림 2.센터 기반 TSI 제공 방안

본 연구에서는 TSI Hub Center를 프로토타입으로 구

축하였고, TSC의 TSI만으로는 제공할 수 없는 정보(위치 정보, 연등지 정보 등)를 추가로 제공하기 위해 별도의 운영정보를 관리하여, TSI와 함께 추가 정보를 제공할 수 있다.

TSI Hub Center 프로토타입은 <Fig. 3>과 같이 TSC와 연결되어 TSI를 수집/가공하는 수집서버와 TSI를 제공하는 브로커 서버(3개 노드 클러스터링)로 구성하였다.

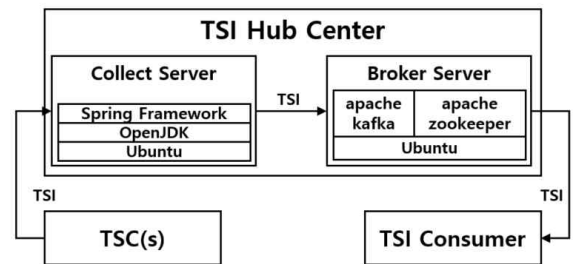


Fig. 3 TSI Hub Center
그림 3.교통신호상태정보 허브센터

III. 실험

1. 시험 형상

센터 기반 TSI 제공 방식의 실시간성을 측정하기 위하여 <Fig. 4>와 같이 구성하고, TSI가 외부로 전송되는 TSC부터 TSI가 소비되는 현장의 랩탑까지의 TSI 전달 소요시간을 측정하였다.

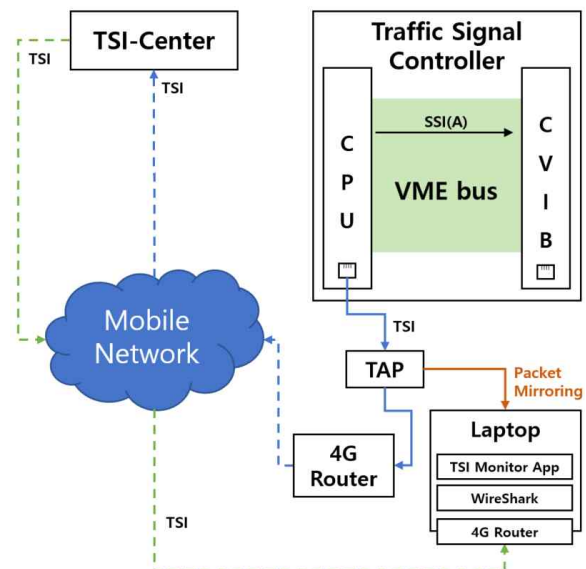


Fig. 4 Test configuration
그림 4.시험 형상

또한 동일 랩탑에서 TSI Hub Center까지의 RTT (Round Trip Time)을 매초 기록하여 무선이동통신망 구간에서의 소요 시간을 측정하였다.

TSC와 랩탑의 4G 라우터는 동일한 이동통신사를 이용하였고, 센터는 원주에 위치하며 TSC가 설치된 시험 현장은 대구시 수성구 알파시티로 두 지점간 직선 거리는 177km이고, ping 으로 측정한 홉 수는 77이다.

2. 시험 결과

397초 동안 수집한 시험 결과를 보면 TSC의 CPU에서 전송되는 TSI가 랩탑의 TSI Monitoring App까지 전송되는데 최소 27.73ms, 최대 241.47ms, 평균 45.12ms가 소요되었고, 100ms 이상 소요된 것은 7개가 발생 (1.76%)하였다.

표 3. 실시간성 측정 시험 결과

Table 3. Test Result

구분	TSI E2E	RTT
샘플수(sec)	397	393(loss 4)
소요시간(MIN)	27.73 ms	27 ms
소요시간(MAX)	241.47 ms	91 ms
소요시간(AVG)	45.12 ms	36.16 ms

IV. 결 론

현재 대부분의 자율주행차는 신호등을 센서로 인식하고 있으나 신호등의 중첩 인식 등 조도변화가 심한 도심에서 그 어려움이 더할 것이다. 그러나 교통신호 운영 주체인 TSC에서 생성되는 TSI를 이용하게 되면, 인식의 오류를 줄이는 한편, 잔여 시간 정보까지도 알 수 있게 되어 자율주행차량의 도심 운행에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

도로교통 전문기관인 도로교통공단에서는 TSI의 신뢰성을 검증하기 위한 ‘신호정보연계 기능검사’를 진행하고 있다. TSC의 신호등 출력과 TSI 간의 정확성뿐 아니라 복잡한 신호 운영 상황에서 올바른 TSI가 생성되는지 검사하며, C-ITS 사업 등 신호정보연계 기능을 위해 TSC 및 CVIB를 설치/교체하는 사업을 진행할 경우 ‘신호정보연계 기능검사’를 받아야 하기에 현장에 설치되는 TSC의 TSI 정확성을 확보할 수 있다.

이번 실험을 통해 현 4G 무선이동통신망을 이용하여도 실시간으로 신호상태정보를 제공함에 있어 부족함이 없다는 것을 확인하였다. 하지만 시스템의 부하성능

과 안정성, 그리고 시험시 발생한 통신 지연의 스파이크 현상에 대해서는 센터를 고도화하며 대구시 국가산단 일대에 구축한 운영구간과 확대 구축 예정 구간을 대상으로 검증하고 보완할 예정이다.

또한 TSI의 실시간성은 교통안전과 직결되기에 초고속, 초저지연, 초연결의 특성을 지닌 5G 무선이동통신망을 이용한 실험도 진행할 예정이다.

References

- [1] Pyeong-Geun Jo, “Traffic Light Detection Using Morphometric Characteristics and Location Information in Consecutive Images”, (2015),
- [2] Korean National Police Agency, “Traffic Signal Controller Standard”, Revision 23(20181231)
- [3] Korean National Police Agency, “Traffic Signal Controller Standard”, Revision 26(20200706)
- [4] Korean National Police Agency, “Traffic Signal Controller Standard”, Revision 27(20210504)