

V2I 통신을 지원하는 CSVF 시스템 모델 연구

A Study on CSVF System Model providing V2I Communications

이민수¹, 황교웅², 조성국³, 전병국^{4*}

Minsu Lee¹, GyoUng Hwang², Sungguk Cho³, Byungkook Jeon^{4*}

요약

지난 20년 전부터 현재까지도 보다 나은 안전과 편리성을 제공하기 위해 자율주행차량 및 지능형 도로 인프라 개발을 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 하지만 자율주행차량에 관한 대부분의 연구는 차량 자체에 설치된 많은 센서들과 카메라, 레이더 등을 이용하여 자율적이며 독립적으로 운행하는 메커니즘이기 때문에 자율주행 기술의 문제점이 많이 발생하고 있다. 본 논문에서는 자율주행 차량들과 소통하는 안전한 교통 환경을 제공하는 V2I(Vehicle to Infrastructure) 통신 서비스를 지원하는 CSVF(Connected Stationary Virtual Fence) 시스템 모델을 제안한다. 제안된 CSVF 시스템은 기존에 연구된 CMVF(Connected Mobile Virtual Fence)와 연동하여 자율주행차량들의 안전한 도로주행과 보행자의 안전성을 보장하도록 하여 향후 도래할 스마트시티 환경에서 보다 나은 안전성과 신뢰성, 편리성을 지원할 것으로 기대된다.

핵심어 : CSVF, CMVF, V2I, RSU, 가상 펜스

Abstract

Many researches are being conducted to develop autonomous vehicles and intelligent road infrastructure in order to ensure better safety and convenience even from the last 20 years to the present. However, there are many problems in autonomous driving since autonomous vehicles drive autonomously and independently using many sensors, cameras, and radar installed in the vehicles themselves. In this paper, we propose a model of CSVF(Connected Stationary Virtual Fence) system supporting V2I(Vehicle to Infrastructure) communication services that provide a safe transportation environment that communicates with autonomous vehicles. The proposed CSVF system is expected to provide better safety, reliability and convenience in the upcoming smart city by ensuring safe road driving and pedestrian safety of autonomous vehicles in conjunction with the previously studied CMVF(Connected Mobile Virtual Fence) system.

Keyword : CSVF, CMVF, V2I, RSU, Virtual Fence

1 Department of Software, Gangneung-Wonju Nat'l University, Wonju, Korea [Graduate Student]
e-mail: minsuuuu@naver.com

2 Department of Software, Gangneung-Wonju Nat'l University, Wonju, Korea [Graduate Student]
e-mail: hky5399@naver.com

3 Department of Multimedia Engineering, Gangneung-Wonju Nat'l University, Wonju, Korea [Professor]
e-mail: skc899@gwnu.ac.kr

4 Department of Software, Gangneung-Wonju Nat'l University, Wonju, Korea [Professor]
e-mail: jeonbk@gwnu.ac.kr (Corresponding author)

* 이 논문은 2020년도 강릉원주대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었음. 또한 이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017R1D1A3B03034102).

Received(May 29, 2020), Review Result(1st: June 25, 2020, 2nd: August 4, 2020), Accepted(September 4, 2020), Published(September 30, 2020)



© 2020 The Authors. Published by NCISS.
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

1. 서론

국내·외 많은 국가와 기업체에서 자율주행차량 및 스마트시티 인프라 개발을 위해 다양한 연구 개발과 시험, 시범 사업 등을 하고 있다 [1-14]. 하지만 대부분의 자율주행차량 연구는 차량 자체에 설치된 많은 센서들과 카메라, 레이더, 라이더 등의 장치를 이용하여 자율적이며 독립적으로 운행하는 메커니즘이다 [1-3][6-9]. 이러한 장치들에 의한 교통신호의 판별은 센서나 카메라가 아무리 발달해도 네트워크 인프라가 연결되지 않는다면, 협력적으로 운행하는 것이 핵심인 자율주행 기술의 한계에 직면하게 된다. 예를 들면 빛의 반사나 역광으로 인한 카메라의 식별 장애나 센서들의 고장, 그리고 이들 장치들의 오염에 의한 오작동등으로 독립적인 운행 시 사고를 유발할 수 있어 위험하다. 따라서 카메라, 센서 등의 인식 장치들만 이용할 경우 발생하는 자율주행차량 운행의 문제들을 보완하기 위해서, 자율주행차량은 교통 정보나 도로 상황 정보 같은 도로 인프라와 협력할 수 있는 무선 네트워크 기반 커넥티드 환경이 필요하다.

본 논문에서는 자율주행차량들과 소통하며 안전한 교통 환경을 제공하는 V2I(Vehicle to Infrastructure) 통신 서비스를 지원하기 위하여 신호등과 같은 RSU(Road Side Unit)에 적용 가능한 CSVF(Connected Stationary Virtual Fence) 시스템 모델을 제시하며, 이에 대한 신호 제어 메커니즘과 알고리즘을 제안한다. 제안된 CSVF 시스템 모델은 교통 신호등과 같은 RSU에 적용되며, 사전에 연구 개발된 커넥티드카 기반의 V2V(Vehicle to Vehicle) 통신 서비스를 제공하는 CMVF(Connected Mobile Virtual Fence) 시스템과 연동한다. 제안된 CSVF 시스템은 운행 중인 CMVF 클라이언트가 탑재된 차량으로부터 차간거리 정보를 받아 처리하기 때문에, 신호등 역할을 하는 CSVF 시스템과 차량과의 거리에 따른 인지 및 계산에 따른 신호 명령 메시지를 전달하여 차량이 해당 명령을 수행하도록 한다.

본 논문에서 제시한 CSVF 시스템의 교통 신호 알고리즘은 V2I 통신 서비스를 제공하여 차량과 인프라 사이의 통신을 원활하게 함으로써 미래에 자율주행 환경에 활용되어서, 차량과 RSU, 그리고 보행자들과 통신을 수행하여 더 나은 안전과 신뢰성, 효율성을 향상시키는데 기여할 것이다. 나아가 스마트시티 환경에 적용하여 더 다양하고 복잡한 환경에서 자율주행차량 및 기존 차량들에게 보다 나은 안전성과 신뢰성, 편리성을 지원하여 안전한 주행을 도울 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구들에 관해서 조사 및 분석하고, 3장에서는 제안된 CSVF 시스템 모델의 제반 원리와 알고리즘을 설계한다. 4장에서는 제안된 알고리즘을 구현하여 검증하고, 끝으로 결론을 논의한다.

2. 연구 배경

본 논문에서 제안한 시스템과 연동하는 CMVF 시스템은 사전에 연구 개발된 상황 인식 시스템이며, 스마트폰을 이용해 상황 인식 서비스를 제공하는 서버와 클라이언트로 구성된다. 또한 기존 차량에 장치를 추가로 부착하지 않고 스마트폰을 이용해 커넥티드카 기술을 구현한다. CMVF 시스템의 서버는 C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport System)의 역할을 수행하고, 스마트폰은 차량을 대신하여 클라이언트의 역할을 수행한다 [14]. 차량에 탑재된 스마트폰 자체는 가상펜스 내에서 차량의 속도에 따라 인지하고 반응하는 동적으로 상황 인식 환경을 유지하여 상황 인식 컴퓨팅을 지원하는 하나의 독립적인 CMVF 클라이언트가 된다. 따라서 V2V(Vehicle to Vehicle) 통신은 스마트폰이 탑재된 각 차량의 CMVF 클라이언트 간에 상호 인식을 통해서 연결될 때 발생한다. 상호 인식 메커니즘은 상황 인식 컴퓨팅을 기반으로 하는 CMVF 클라이언트 간에 통합된 메시지를 교환함으로써 구현된다 [14-17]. 여기에서, 통합 프레임워크로 구성된 통합 메시지는 BSM(Basic Safety Message)과 CAM/DENM 사이의 공통적인 필드들을 비교·분석한 후, CMVF 클라이언트의 상황 인식 정보와 함께 추가한 것이다 [14].

3. CSVF 시스템 모델: 커넥티드카를 위한 교통신호 제어 시스템

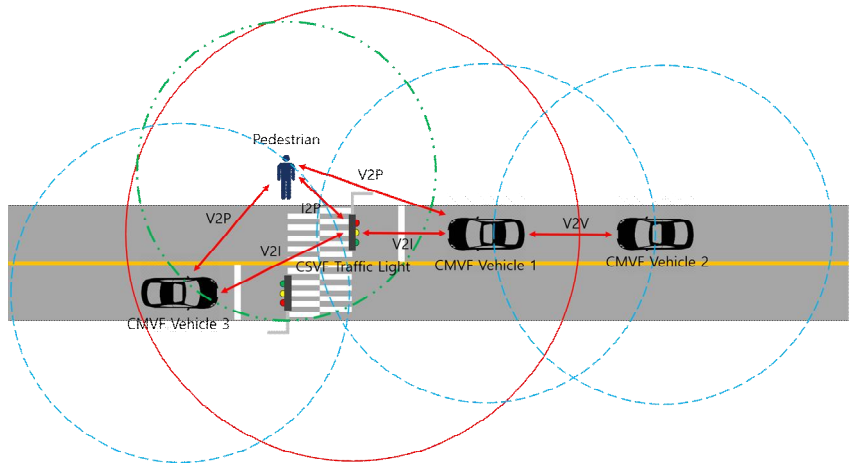
CMVF 시스템이 적용된 차량들은 상호 통신하여 서로 인식할 수 있으나 교통 신호등 같은 주변 RSU와 같은 것들은 인식할 수 없다. 그러므로 본 논문은 RSU 같은 역할을 하는 CSVF 시스템을 제안한다. CSVF 시스템은 CMVF 클라이언트가 적용된 차량이 신호등과 서로 통신하여 교통신호를 수신하고 상황에 맞는 대처를 할 수 있도록 V2I 통신 서비스를 제공함으로써 커넥티드카 기술을 지원하고 자율주행차량의 안전성을 높일 수 있다.

3.1 CSVF 시스템 개요

C-ITS 기술에서 가장 중요한 것이 V2V와 V2I 서비스다. 차량에 무선 통신기술이 결합한 커넥티드카 환경에서 CMVF 클라이언트가 적용된 차량은 V2V 통신으로 차량 사이의 네트워크를 형성한다. CMVF 클라이언트 차량은 CSVF 시스템이 적용된 교통 신호등과 양방향 통신을 하기 위해 V2I 통신 서비스를 실행한다.

본 논문에서 제시한 CSVF 시스템은 CMVF 시스템이 적용된 차량과 상호 통신을 한다. [그림 1]은 CSVF 시스템의 개요를 나타낸다. CSVF 시스템은 RSU로서 횡단보도의 신호등에 적용되어 고정된 가상펜스를 생성한다. CSVF 시스템에서 생성된 가상펜스는 영역 안으로 접근하는 CMVF 클

라이언트 차량과 신호등과의 거리 정보를 수집 계산하여, 신호등의 교통 신호에 따라 매 초마다 CMVF 클라이언트가 적용된 차량에게 신호 명령 메시지를 전달한다. CMVF 클라이언트 차량은 CSVF 시스템으로부터 메시지를 수신하여 신호에 따른 차량 운영을 수행한다. 그러므로 제안된 모델 및 기술은 스마트시티에서 자율주행차량과 신호등과의 통신에 매우 유용하게 적용될 수 있다.



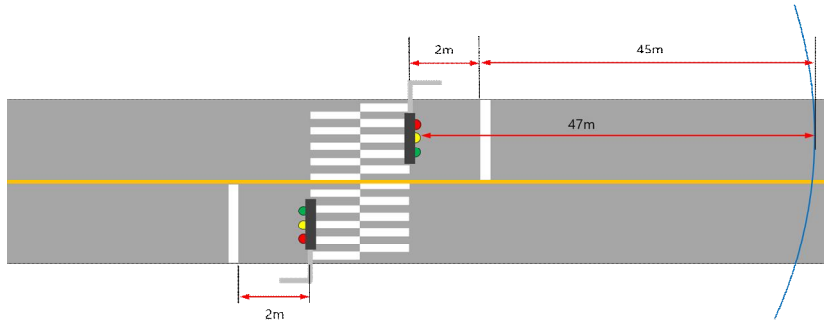
[그림 1] 제안된 CSVF 시스템의 개요

[Fig. 1] Overview of the proposed CSVF System

3.2 신호등에 적용된 CSVF의 정의

CSVF 시스템이 RSU 모델 중 하나인 신호등과 동기화 되어 CMVF 클라이언트가 적용된 차량 또는 보행자를 위해 신호등의 교통 신호 정보를 제공해야 한다. 만약 차량이 CSVF 시스템에서 설정된 상황 인식 범위내로 진입할 경우에 각각의 신호에 대해 차량이 어떻게 행동해야 하는지 결정하기 위해 CSVF 시스템의 차량 인식을 위한 가상펜스의 반경을 설정해야 한다. 따라서 본 논문에서 RSU로서 교통 신호등에 적용되는 CSVF 시스템의 가상펜스 범위는 다음을 가정하여 적용한다.

도로 환경에 따라 신호주기가 다르기 때문에 실험을 위해서는 몇 가지 가정을 전제로 한다. 본 논문에서는 도로 환경을 횡단보도가 있는 60km/h 제한속도의 왕복 2차선 직선도로로 정한다. 도로 교통공단의 규정에 따르면 차로의 폭은 최대 3.5m 정도에 이르기 때문에 도로의 폭을 3.5m로 적용하여 2차선 도로의 폭은 7m로 정한다 [18]. 여기서 보행자가 횡단보도를 건너는데 필요한 시간은 보행자 신호시간 계획에 따른 보행자 진입시간 7초와 횡단보도 길이에 따른 보행시간(일반지역 기준 1m/s)의 합으로 총 14초로 정해진다 [18-22]. 또한 신호등의 신호주기는 국내 대부분의 도시에서 횡단보도에 따른 최소 녹색시간 등으로 120초 이상이 사용되기 때문에 120초를 따른다 [22].



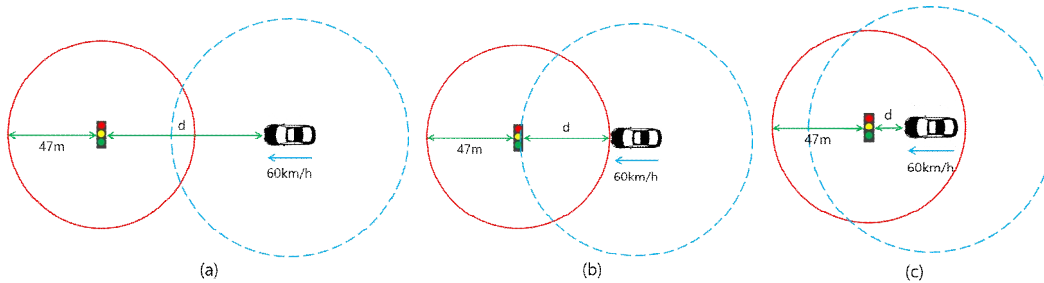
[그림 2] CSVF 반경의 정의

[Fig. 2] Definition of a radius of CSVF system

[그림 2]는 교통노면표시 설치 및 관리 매뉴얼에 따른 횡단보도와 신호등의 위치를 나타낸다. 신호등에 적용된 CSVF 시스템의 반경은 횡단보도와 정지선 사이의 거리 2m, 호주 퀸스랜드 주정부의 정지거리 보고서에 따른 60km/h의 속도로 주행 중인 차량의 정차거리 45m를 더한 값으로 한다 [19][20]. 따라서 2차선 도로에서의 CSVF 시스템의 인식을 위한 가상펜스 반경은 47m로 정한다. 반면에 왕복 4차선, 6차선 도로의 경우 신호주기는 이에 비례하여 CSVF 시스템에 적용이 가능하다. 다음 3.3절에서는 CSVF 시스템의 신호 제어 메커니즘을 통해서 CSVF 시스템과 CMVF 클라이언트와의 V2I 통신 서비스를 기술한다.

3.3 V2I 통신 서비스

(1) CSVF 시스템의 신호 제어 메커니즘



[그림 3] (a) CASE1($d > 47m$), (b) CASE2($d = 47m$), (c) CASE3($d < 47m$)

[Fig. 3] (a) CASE1($d > 47m$), (b) CASE2($d = 47m$), (c) CASE3($d < 47m$)

먼저 신호등과 주행 차량 간의 통신을 위해 신호등이 차량에게 보내는 데이터를 정의하여야 한다. 이를 위해 신호등과 차량 사이의 거리 간격에 의해서 [그림 3]과 같이 3가지 상황으로 구분된다. [그림 2]에서 정의한 대로 신호등으로서 CSVF 시스템의 반경을 47m로 정하고, 신호등과 차량

사이의 거리를 d 라고 할 경우, [그림 3]의 (a)는 CASE1로서 신호등과 차량 사이의 거리가 47m보다 큰 상황, (b)는 CASE2인 신호등과 차량 사이의 거리가 거의 47m인 상황, (c)는 CASE3으로서 신호등과 차량 사이의 거리가 47m보다 작은 상황을 나타낸다.

[표 1] 교통신호에 따른 신호 제어 명령

[Table 1] Signal Control Command According to Traffic Signal

Distance	Signal(sec)	Command	Action
$d > 47m$	G_Count(99)	1	keep going
	Y_Count(3)	2	slow and stop
	YtoR_Count(2)	3	stop
	R_Count(14)	3	stop
	RtoG_Count(2)	4	stop and wait
$d = 47m$	G_Count(99)	1	keep going
	Y_Count(3)	3	stop
	YtoR_Count(2)	3	stop
	R_Count(14)	3	stop
	RtoG_Count(2)	4	stop and wait
$d < 47m$	G_Count(99)	1	keep going
	Y_Count(3)	5	go quickly
	YtoR_Count(2)	3	stop
	R_Count(14)	3	stop
	RtoG_Count(2)	4	stop and wait

*범례: G_Count=녹색신호, Y_Count=황색신호, YtoR_Count=보행전신호, R_Count=적색신호, RtoG_Count=전적색신호

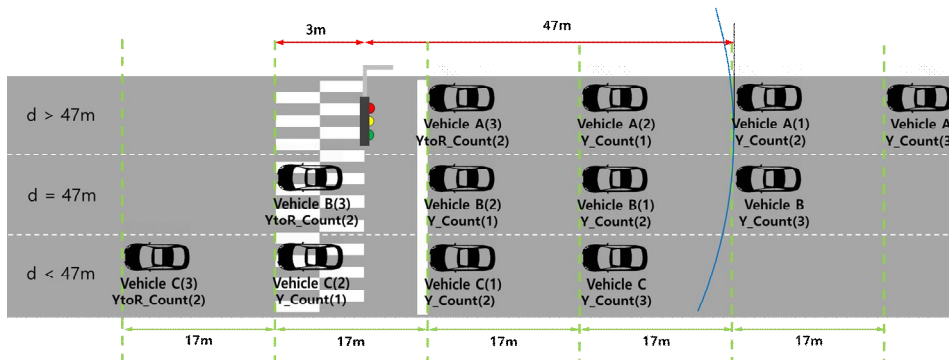
이같은 거리 간격 d 에 의한 [그림 3]의 3개 상황에서 교통 신호에 따른 명령과 차량의 행동은 [표 1]과 같으며, 각 신호의 점멸 주기는 3.2절에서 언급한 신호주기 기준을 따른 것이다. [표 1]에서 CSVF 시스템이 차량에게 전달하는 명령은 1, 2, 3, 4, 5의 다섯 가지로 나누어지며, 이에 따른 차량의 행동은 각각 ‘keep going’, ‘slow and stop’, ‘stop’, ‘stop and wait’, ‘go quickly’을 실행한다. 먼저 ‘keep going’ 명령은 차량이 속도를 유지하도록 하는 명령으로 속도는 60km/h를 유지한다. ‘slow and stop’ 명령은 속도 감소 후 정지 명령으로 속도는 60km/h → 0km/h이다. ‘stop’ 명령은 정지 상태를 유지하는 명령으로 속도는 0km/h이다. 이 때, ‘stop’ 명령에서 차량이 주행 중일 경우에는 속도를 줄여 정차한다. ‘stop and wait’ 명령은 정지 및 신호 대기 명령으로 속도는 0km/h 상태이다. 마지막으로 ‘go quickly’ 명령은 횡단보도를 빠르게 통과하라는 명령으로 일시적으로 속도를 올려 빠르게 통과한다.

(2) 황색신호에서의 제어 방법

[표 1]에서 정의한 명령이 차량을 위한 녹색신호나 적색신호인 경우 문제가 없지만, 황색신호인 경우 여러 문제를 야기할 수 있는 상황이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, [그림 3]의

각각의 CASE마다 거리에 따라서 황색신호일 경우 차량에게 보내는 명령을 구분하는 방법은 다음 [그림 4]에 나타난 바와 같다.

[그림 4]에서 CASE1에서의 차량은 Vehicle A, CASE2에서의 차량은 Vehicle B, 그리고 CASE3에서의 차량은 Vehicle C로 구분한다. Y_Count(3)에서 차량의 위치는 각각 Vehicle A, Vehicle B, Vehicle C, Y_Count(2)에서 차량의 위치는 각각 Vehicle A(1), Vehicle B(1), Vehicle C(1), Y_Count(1)에서 차량의 위치는 Vehicle A(2), Vehicle B(2), Vehicle C(2), YtoR_Count(2)에서 차량의 위치는 Vehicle A(3), Vehicle B(3), Vehicle C(3)의 상황에 처하게 됨에 따라, 차량에 대한 명령과 차량의 행동은 다르게 반영된다.



[그림 4] Vehicle A: CASE1($d > 47m$), Vehicle B: CASE2($d = 47m$), Vehicle C: CASE3($d < 47m$)

[Fig. 4] Vehicle A: CASE1($d > 47m$), Vehicle B: CASE2($d = 47m$), Vehicle C: CASE3($d < 47m$)

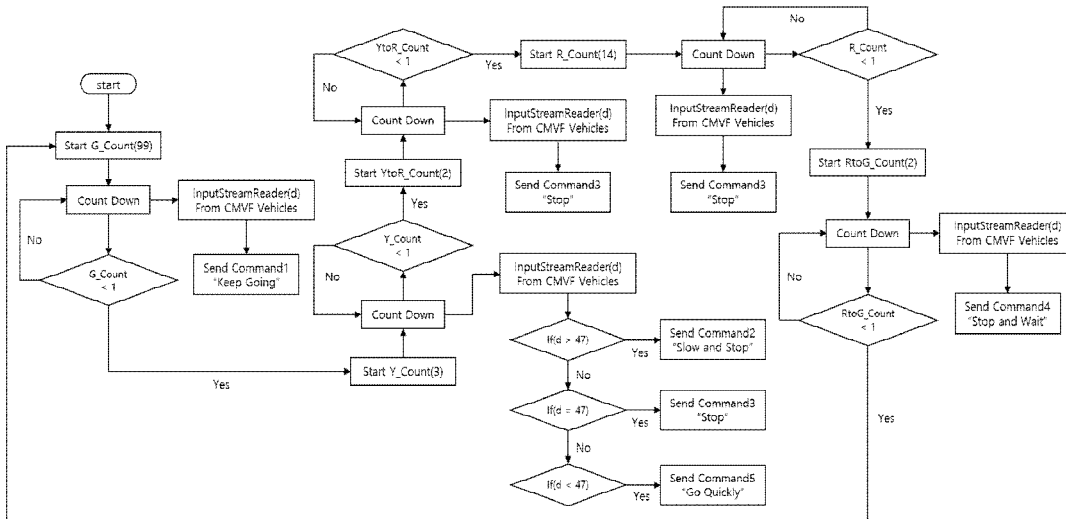
즉, 거리 간격 $d > 47m$ 일 때, Y_Count(3)에서 차량은 정차거리 45m를 충분히 확보한 상태이다. Y_Count(1) 이후의 신호가 YtoR_Count(2), R_Count(14)로 이어지므로 차량은 정차 상태여야 한다. 따라서 Y_Count(3)에서 차량은 'slow and stop' 명령을 받아 감속 후 정차를 한다.

만약 $d = 47m$ 일 때, Y_Count(3)에서 'keep going'이라면 YtoR_Count(2)에서 횡단보도를 완전히 통과해야 하지만 실제로는 차량이 횡단보도 위를 지나가는 상황이 된다. 그러므로 $d = 47m$ 일 때 Y_Count(3)을 'slow and stop'으로 정한 이유는 Y_Count(3)일 때 차량은 정차거리 45m를 확보하여 정차선에 정확히 정차할 수 있기 때문이다.

또한 $d < 47m$ 일 때는 Y_Count(3)에서 stop이라면 차량이 정차했을 때 횡단보도 위에 서있는 상황이 올 수 있다. $d < 47m$ 일 때 Y_Count(3)가 'keep going'이라면 예를 들어, $d = 46m$ 인 상황이라면 차량이 횡단보도를 아슬아슬하게 통과하게 되므로 서둘러서 횡단보도를 통과하도록 하게 하는 것이 안전성을 보장할 수 있다. 따라서 $d < 47m$ 에서 Y_Count(3)일 때 차량은 'go quickly' 명령을 받아 빠르게 횡단보도를 통과하여야 한다.

3.4 CSVF 시스템의 신호 제어 알고리즘

[그림 5]는 3.3절에서 정의한 거리 구분에 따른 교통신호 제어 방법을 바탕으로, 본 논문에서 제안된 CSVF 시스템의 신호 제어 알고리즘의 흐름도를 나타낸 것이다.



[그림 5] CSVF 신호 제어 알고리즘 흐름도
 [Fig. 5] Flowchart of the CSVF signal control algorithm

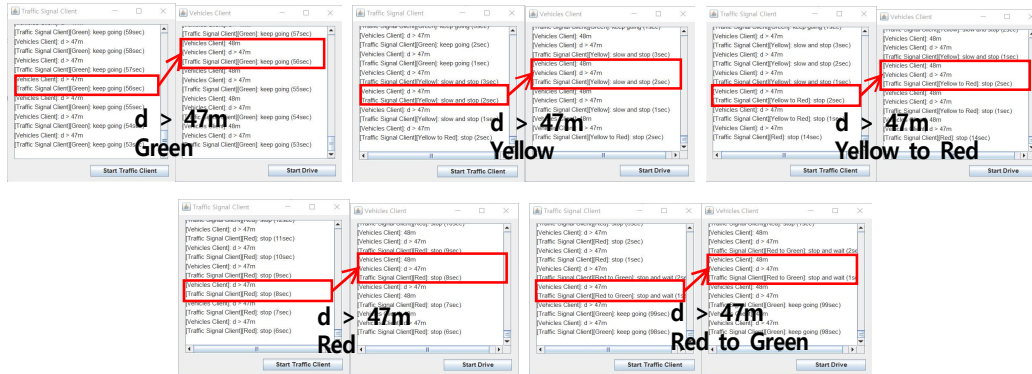
신호등의 시작은 G_Count부터 시작된다. G_Count는 총 99초 동안 카운트다운을 시작하며 매 초마다 차량과의 거리정보를 수집하여 [표 1]에서 정리한 제어 메시지를 상황에 맞게 전송한다. 카운트 값이 1보다 작아질 때마다 다음 신호로 바뀌며 순서대로 Y_Count가 3초, YtoR_Count가 2초, R_Count가 14초, RtoG_Count가 2초, 이후 다시 G_Count가 99초 시작되는 반복 구조를 갖는다.

4. 실험 및 결과

본 장에서는 위의 3장에서 제안했던 CSVF 시스템 모델의 시뮬레이션 결과를 나타냈다. 이 시뮬레이션은 Traffic Signal Client와 Vehicles Client 사이의 통신이 제대로 이루어지는지 확인하기 위한 실험으로 JAVA 언어로 테스트 프로그램을 구현하였다. 시뮬레이션은 Traffic Signal Client가 Vehicles Client에게 전달하는 메시지는 총 15가지로 나누어지며 3장의 [표 1]에서 정리된 것과 같다. 다음에 나오는 [그림 6]~[그림 8]은 각각 $d > 47m$, $d = 47m$, $d < 47m$ 의 상황에 따른 실험 결과의 스크린샷이다.

4.1 CASE1($d > 47m$)에서의 실행 결과

[그림 6]은 $d > 47m$ 인 상황에서의 메시지 송수신을 나타낸다. Traffic Signal Client는 Vehicles Client로부터 $d > 47m$ 라는 메시지를 전달받아 해당 Client에게 상황에 맞게 명령 메시지를 전달한다. Vehicles Client는 해당 명령 메시지에 따라 행동한다.

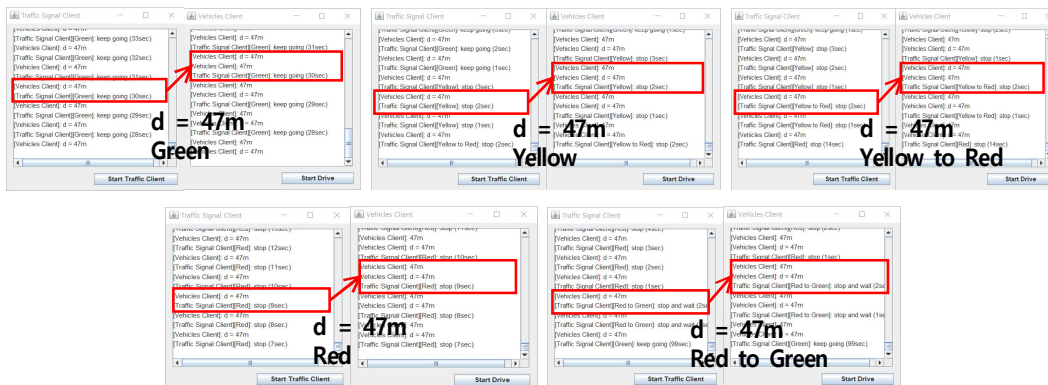


[그림 6] 신호 주기별 신호 메시지 전송과 그에 따른 차량의 행위 결과

[Fig. 6] Transmission of signal messages by the traffic signal cycle and results of vehicle's action accordingly

4.2 CASE2($d = 47m$)에서의 실행 결과

[그림 7]은 $d = 47m$ 인 상황에서의 메시지 송수신을 나타낸다. Traffic Signal Client는 Vehicles Client로부터 $d = 47m$ 라는 메시지를 전달받아 해당 Client에게 상황에 맞게 명령 메시지를 전달한다. Vehicles Client는 해당 명령 메시지에 따라 행동한다.

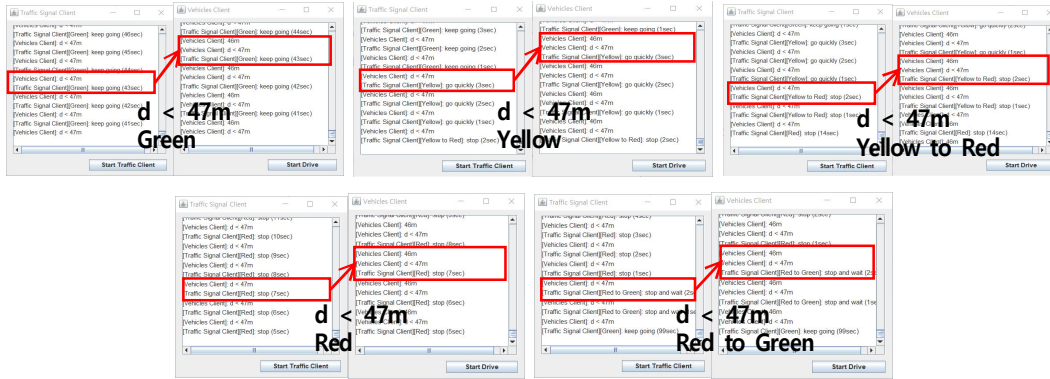


[그림 7] 신호 주기별 신호 메시지 전송과 그에 따른 차량의 행위 결과

[Fig. 7] Transmission of signal messages by the traffic signal cycle and results of vehicle's action accordingly

4.3 CASE3(d < 47m)에서의 실행 결과

[그림 8]은 $d < 47m$ 인 상황에서의 메시지 송수신을 나타낸다. Traffic Signal Client는 Vehicles Client로부터 $d < 47m$ 라는 메시지를 전달받아 해당 Client에게 상황에 맞게 명령 메시지를 전달한다. Vehicles Client는 해당 명령 메시지에 따라 행동한다.



[그림 8] 신호 주기별 신호 메시지 전송과 그에 따른 차량의 행위 결과

[Fig. 8] Transmission of signal messages by the traffic signal cycle and results of vehicle's action accordingly

위의 실험 결과 15개와 [표 1]의 15개의 데이터가 일치하는 것을 볼 수 있다. 이것은 Traffic Signal Client와 Vehicles Client 사이의 메시지 전달에 따른 명령과 수행이 정상 작동된 것을 의미하며, 커넥티드카와 자율주행차에게 모두 적용이 가능하다.

5. 결론

자율주행차가 스스로 운행함에 있어 사고없이 가장 중요한 안전을 보장하기 위해서는 차량과 도로 인프라 사이에 적합한 상황 정보를 받아 처리할 수 있는 V2I 통신 서비스의 구현이 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 커넥티드카 모델로서 CMVF 클라이언트가 적용된 차량으로부터 거리 정보를 받아 현재 신호등과 차량과의 거리에 따라 적절한 교통신호 명령을 전달하여 안전한 주행을 도울 수 있는 교통신호 제어 시스템인 CSVF 시스템 모델을 제안하였고 실험을 통해 구현하였다. 제안된 CSVF 시스템은 가상펜스가 적용되어 커넥티드카인 CMVF 클라이언트 차량과 상호작용하며 메시지를 주고받는다. 따라서 CSVF 시스템은 미래에 커넥티드카나 자율주행차의 운전 시스템에 활용되어 차량과 ITS, 보행자들과의 상호간 상황 인식 정보의 교환을 통해서 교통 안전과 신뢰, 효율성을 향상시키는데 기여할 것이다.

앞으로의 연구 방향으로는 제안된 시스템을 다차선 도로 환경이나 교차로 및 로터리 등 더 다양하고 복잡한 도로 환경에 반영될 수 있도록 지속적인 연구가 필요하며, 그 결과로서 자율주행차량의 안전한 운행에도 개선되기를 기대한다.

References

- [1] SKT Insight, “[2019 Seoul Motor Show] The present and future of 5G autonomous driving shown by SKT!”, sktinsight.com, <https://www.sktinsight.com/114001>, (accessed April 17, 2020).
- [2] Bloter, “Kakao Mobility, which jumped into self-driving cars, said, “This year's pilot service at the earliest.” bloter.net, <https://www.bloter.net/archives/373091>, (accessed April 17, 2020).
- [3] Irobotnews, “Hyundai and Kia develop 'partial self-driving' technology based on artificial intelligence (2019)”, irobotnews.com, <http://www.irobotnews.com/news/articleView.html?idxno=1854>, (accessed April 22, 2020).
- [4] Waymo, “Designing the 5th-generation Waymo Driver”. waymo.com, <https://blog.waymo.com/2020/03/designing-5th-generation-waymo-driver.html>, (accessed April 22, 2020)
- [5] GM Cruise, “Introducing the Cruise Origin. Self-Driven. All-Electric. Shared”, getcruise.com, <https://www.getcruise.com/origin>, (accessed April 22, 2020).
- [6] KOTRA, “Development of the latest autonomous driving systems by three German carmakers.”, kotra.or.kr, <https://news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/782/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=171782>, (accessed November 7, 2019).
- [7] J. W. Kim, “Detection and Recognition of Traffic Lights for Unmanned Autonomous Driving”, The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, vol. 11, iss. 6, December 2018, pp. 751-756, doi: 10.17661/jkiiect.2018.11.6.751.
- [8] A. M. Pereira, “Traffic Signal Control for Connected and Non-Connected Vehicle”, IEEE 2018 Smart City Symposium Prague, May 24-25, 2018, Prague, Czech Republic, pp. 1-6 doi: 10.1109/SCSP.2018.8402656.
- [9] J. Huang, J. Ye, “Autonomous Detection for Traffic Flow Parameters of a Vehicle-Mounted Sensing Device Based on Symmetrical Difference”, Symmetry 2020, vol. 12, iss. 1, January 2020, pp. 72-85 doi: 10.3390/sym12010072.
- [10] T. H. Im, “Trends in Self-driving and V2X Communication Technologies. Planning Series Robot-Self-driving”, IITP, no. 1820, November 2017, pp. 2-11.
- [11] FESCARO, “Understanding V2X Communications”. fescaro.com, <https://www.fescaro.com/ko/archives/467>, (accessed November 7, 2019).
- [12] H. B. Cho, H. S. Oh, “Cooperative ITS (Cooperative Intelligent Transportation System) International Standardization Trends(Planning Series Robot-Self-driving)”, TTA Journal, vol. 145, January 2013, pp. 83-90.
- [13] Wikipedia, “Vehicle to everything”. wikipedia.org, <https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-everything>, (accessed October 14, 2019).
- [14] I. H. Kim, H. M. Yoo, Y. H. Eom, S. G. Cho, B. K. Jeon, “An Integrated Communication Message

- Framework of Inter-Vehicles for Connected Vehicles using Mobile Virtual Fence(MVF)”, The 4th International Integrated Conference & Concert on Convergence, July 23-28, 2018, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 102-105, doi: 10.14419/ijet.v7i3.33.18584.
- [15] I. H. Kim, H. M. Yoo, Y. H. Eom, S. G. Cho, B. K. Jeon, “A Mutual Awareness Mechanism of Inter-MVFs (Mobile Virtual Fences) to Support Connected Car Service”, The 4th International Integrated Conference & Concert on Convergence, July 23-28, 2018, Ho Chi Minh City, Vietnam, pp. 106-108, doi: 10.14419/ijet.v7i3.33.18585.
- [16] Y. H. Eom, Y. K. Choi, I. H. Kim, H. M. Yoo, S. G. Cho, B. K. Jeon, “A Mechanism to configure for Connected Car Service Environment using Mobile Virtual Fence”, The Journal of the Convergence on Culture Technology, vol 4, no. 3, August 2018, pp. 227-233, doi: 10.17703/JCCT.2018.4.3.227.
- [17] Y. H. Eom, Y. K. Choi, S. G. Cho, B. K. Jeon, “A Flexible Mobile-Geofence to support Connected-Cars Technology”, Smart Media Journal, vol. 6, no. 3, September 2017, pp. 89-94.
- [18] D. H. Kim, “A Study on the Advancement of the Traffic Operation System, Adjustment of Pedestrian Flashing Signal Flashing Point”, Korean Road Traffic Authority, Wonju, South Korea, March 2010, [Online]. Available: http://www.prism.go.kr/homepage/researchCommon/retrieveResearchDetailPopup.do?research_id=1320000-200900010.
- [19] Queensland Government, “Stopping distances on wet and dry roads”, qld.gov.au, <https://www.qld.gov.au/transport/safety/road-safety/driving-safely/stopping-distances>, (accessed October 5, 2019)
- [20] KOROAD, “Road Safety Information - Traffic Regulation” koroad.or.kr, https://www.koroad.or.kr/kp_web/roadQnAList.do, (accessed October 5, 2019)
- [21] T. C. Kim, “Asan City Bridge Signal System Improvement Service, Asan Chapter 3: Theory of Operation of Traffic Signs”, Korean Road Traffic Authority, Daejeon, South Korea, June 2014, [Online]. Available: http://www.prism.go.kr/homepage/theme/retrieveThemeDetail.do?leftMenuLevel=110&cond_brm_super_id=NB000120061201100059544&research_id=4520000-201400004.
- [22] J. H. Hwang, “2017 Guidebook on Safety Facilities Installation to Prevent Pedestrian Accidents”. Korean National Police Agency, Korean Road Traffic Authority, Seoul, South Korea, November 2016, [Online]. Available: https://www.koroad.or.kr/kp_web/safeDataView.do?board_code=DTBBS_030&board_num=100291.