

중계기를 통한 다중 차량 간 통신 상황에서 신호 간섭에 강한 장애물 감지 및 회피 알고리즘

최병찬*, 권혁찬*, 손진희** 남해운^o

Robust Obstacle Detection and Avoidance Algorithm for Infrastructure-Based Vehicle Communication Under Signal Interference

Byung Chan Choi*, Hyuk Chan Kwon*, Jin Hee Son**, Haewoon Nam^o

요 약

본 논문에서는 Single Board 컴퓨터와 V2I (Vehicle to Infrastructure) 구조를 통해 다중 차량을 군집으로 제어하는 시스템을 소개한다. 그리고 이 시스템에서 핵심이 되는 중계기의 회피 기동 판단 알고리즘을 소개한다. 중계기는 이 알고리즘을 통해 차량으로부터 받는 센서 데이터를 활용하여 차선 위에 장애물이 있는지를 파악하고, 회피 기동 필요 여부를 판단한다. 해당 시스템의 성능 실험은 차선 위에 장애물이 있는 상황에서 Wi-Fi를 통한 다중 차량과 중계기 서버 간에 TCP/IP로 회피 기동 판단을 위한 주행 데이터를 전송하고 차량들의 주행 상태를 관찰하는 방식으로 진행하였다. 실험 결과를 통해 ISM (Industrial Scientific Medical) 주파수 간섭이 있는 상황에서 초기에 구현했던 회피 기동 판단 알고리즘이 높은 실패 확률을 가지고 있다는 것을 알게 되었고, 그것을 줄이기 위한 방법을 연구하게 되었다. 연구 결과 회피 기동 판단 알고리즘에 데이터 변화 감지기를 적용하는 방식으로 해결방법을 찾게 되었다. 본 논문에서는 ISM 주파수 간섭 상황에서 개선 사항인 데이터 변화 감지기 적용이 시스템의 신뢰도에 주는 영향을 보여주하고자 한다. 본 기술을 적용하고 개선한다면, 차량 간 통신 또는 차량과 인프라 간의 통신을 통해 다중 충돌 사고와 같은 위기 상황에 대해 더욱 효과적으로 대응할 수 있을 것이며, 나아가 무인 운전 기술에 적용할 수 있을 것이다. 또한 추후 유사 시스템 구현에 대해 선행 연구 자료로서 이용될 수 있을 것이다.

Key Words : TCP/IP, Multiple Collision Avoidance, Evasive Maneuver, Multiple Vehicle Control

ABSTRACT

In this paper, we will introduce the system that can control multiple vehicles on the road through Single Board Computers and V2I (Vehicle-To-Infrastructure). Also, we will propose the group evasive maneuver decision algorithm, which plays a critical role in deciding whether the vehicles in the system have to conduct evasive maneuvers to avoid obstacles on the road. In order to test this system, we have utilized Wi-Fi and TCP/IP for establishing the communication between multiple vehicles and the relay server, and observed their driving states

※ 본 연구는 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2014R1A1A2057210)입니다.

• First Author : Hanyang University Department of Electronic & Communication Engineering, luwis93choi@hotmail.com, 정희원
^o Corresponding Author : Hanyang University Department of Electronic & Communication Engineering, hnam@hanyang.ac.kr, 정희원
 * Hanyang University Department of Electronic & Computer Engineering, kwon77hyok@naver.com
 ** Gwangju Institute of Science and Technology Department of Mechanical Engineering, sn00055@gmail.com

논문번호 : KICS2015-11-011, Received November 17, 2015; Revised January 7, 2016; Accepted March 25, 2016

on the road with obstacles. During the experiments, we have discovered that our original decision algorithm possesses high failure rate when there is frequency interference in ISM (Industrial Scientific Medical) band. In order to reduce this failure rate, we have implemented the data transition detector. This paper will focus on how the use of data transition detector can affect the reliability of the system under the frequency interference of ISM band. If this technology is improved and applied in the field, we will effectively deal with such dangerous situations as multiple collision accidents through vehicle-to-vehicle communication or vehicle-to-infrastructure communication. Furthermore, this can be applied to the autonomous driving technologies. This can be used as the reference data for the development of the similar system.

I. 서 론

오늘날 세계는 무인 자동차 시대를 눈앞에 두고 있는 상황이다. 세계의 수많은 자동차 회사와 IT 회사는 무인 주행 기술에 관련하여 커다란 발전을 이루었다. 대표적인 예가 Google의 Google Car이다. 이 무인 자동차의 경우에는 미국 네바다주에서 운전 면허를 받을 정도로 주행 기술에 대해 높은 신뢰성과 성능을 보여주고 있다. 현재 대부분의 자동차 회사, IT 회사, 국가 연구소에서는 단일 무인 자동차를 만드는 것에 중점을 두고 있다. 무인 자동차 시대를 눈앞에 두고 있는 상황에서 수 많은 무인 자동차들이 도로 위에 주행을 할 시에 그에 따른 제어 및 관제 시스템이 요구될 것이다. 이에 대해 V2I와 V2V 기술이 다중 차량 관제 및 제어 시스템의 표본으로 나타나고 있다.^[1,2]

현재 V2I 기술은 V2V (Vehicle to Vehicle) 기술과 융합되어 설계되는 형태로 연구가 되고 있다. 중계 인프라가 도로 위에 있는 하나의 차량을 중계 차량으로 지정하여 안전 주행을 위한 데이터를 전송하게 된다. 중계 차량은 주위에 있는 차량들에게 안전 주행을 위한 데이터를 전송하게 된다. V2I 구조를 통해 중계 차량을 설정하고 데이터를 전송하고, V2V Multi-Hop을 통해 도로 위의 차량들이 안전 주행을 위한 데이터를 공유할 수 있게 된다. 이와 같은 V2I/V2V 시스템은 약 80% ~ 90% 사이의 주행 데이터 메시지 전송 성공률을 보여주고 있다.^[3,4]

V2I/V2V 시스템의 연장선으로 다중 차량 제어 기술이 연구되고 있다. 이 기술은 V2I/V2V에서 제공하는 시스템 구조를 도입하여 도로 위의 차량들이 주행 데이터를 공유한다. 공유 데이터를 기반으로 중계 인프라는 현재 도로 상황을 파악하고, 해당 차량들이 도로 상황에 적합한 군집 주행을 하도록 명령을 내리게 된다. 이에 대한 대표적인 예는 유럽의 SARTRE (Safe Road Trains for the Environment) 프로젝트가 있다.^[5] 이 프로젝트는 ‘Platoon (분대)’라는 행렬 단

위의 군집주행을 이용한 기술을 제시한다. 이 기술의 장점은 우선 고속도로 이동이 안전해지며, 차량 상호 간 반응이 훨씬 빠르기 때문에 각 운전자의 잘못된 행동이나 피로로 인한 사고가 줄게 되는 것이다. 행렬 내 차량들이 간격을 좁혀 달리기 때문에 공기저항도 적게 받는다. 이와 함께 한정된 도로를 효율적으로 활용하게 되는 측면도 있다. SARTRE는 환경, 안전, 교통 체증 3가지를 해소하여 운전자의 편의를 증대시키는 것을 주 목적으로 두고 있다. 현재 SARTRE는 네대의 차량들로 구성된 행렬의 첫 자동 주행 시연을 성공적으로 마쳤다. V2I, V2V, 다중 차량 제어 기술은 모두 무선 통신을 기반으로 하여 설계된 시스템이다. 무선 통신 자체가 가지는 신뢰도와 성능에 비례하여 시스템의 신뢰도와 성능이 결정될 것이다. 본 논문에서는 V2I 시스템 구조 기반으로 군집주행을 위한 다중 차량 제어 시스템을 설계하고 시연하였다. 그리고 다중 차량의 회피 기동 제어에 핵심이 되는 중계기의 도로 상황 판단 알고리즘을 중점적으로 연구하였다. 이 과정에서 Wi-Fi를 이용하여 차량과 인프라 간 통신을 하면서, ISM 밴드에 대한 간섭이 신뢰도에 주는 영향과 그에 대한 해결 방안을 찾게 되었다. 이를 통해 상기 분야에 필요한 기술력을 축적 할 수 있으며 나아가 새로운 아이디어를 도출하여 시스템의 발전에 일조할 수 있다.

II. 본 론

2.1 문제 정의

Fig. 1은 본 연구에서 초기에 중계기에 적용한 회피 기동 판단 알고리즘 도식이다. 차량과 중계기 간에는 Wi-Fi를 통해 TCP/IP를 이용하여 통신을 하고 있다. 중계기는 선행 차량으로부터 받는 장애물 존재 관련 데이터를 기반으로 회피 기동 필요 여부를 결정하게 된다. 이 때, 중계기는 선행 차량으로부터 차선에 장애물이 있다는 데이터가 오는 것을 감지하는 순

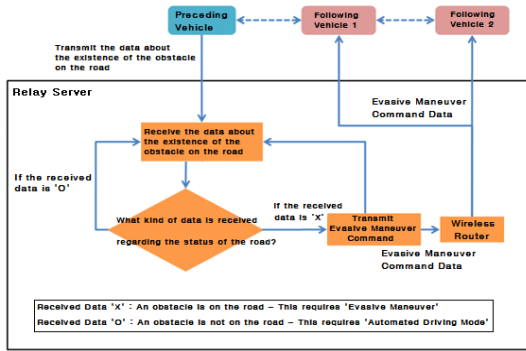


Fig. 1. Original Evasive Maneuver Decision Algorithm (Before Applying Data Transition Detector)

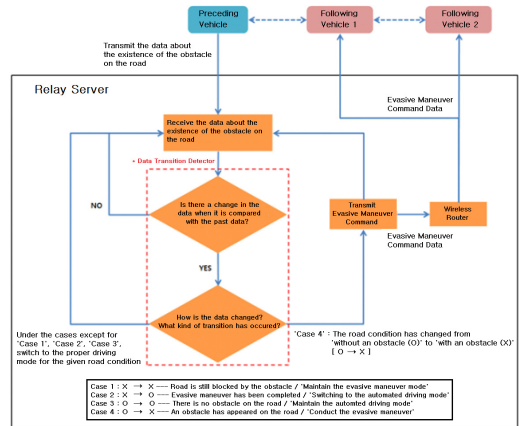


Fig. 3. Evasive Maneuver Decision Algorithm (After Applying Data Transition Detector)

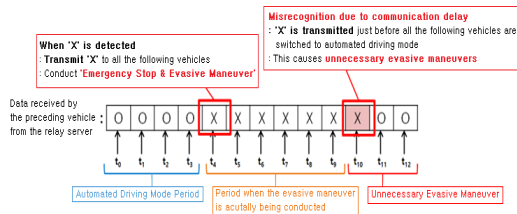


Fig. 2. Exception Case in the Original Evasive Maneuver Command Algorithm

간 차선에 장애물이 있다고 판단하는 상황이다.

하지만 초기 알고리즘에서 불필요한 회피 기동을 발생시키는 문제점이 자주 발생하였다. 이는 ISM 영역을 사용하는 Wi-Fi에서 간섭이 발생할 때, 전송 에러와 전송 지연에 의해 회피 명령이 늦게 중계기에도 도착하여 오인식을 하는 현상이 발생하였기 때문이다. 선행 차량으로부터 오는 데이터를 내부적인 추가 연산 또는 처리 없이 단순 감지 이후에 명령을 내리게 되면서 실제로 회피 기동이 이미 끝났음에도 불구하고 늦게 인식된 데이터를 다른 차량들에게 공유하게 되면서 불필요한 추가 회피 기동 명령이 후방 차량들에게 전달이 된다. 중계기에게 ISM 주파수 간섭으로 인한 통신 지연과 에러로 인해 늦게 인식하는 상황에 대한 추가적인 판단 및 처리 알고리즘 또는 하드웨어 설계에 대한 개선이 요구되었다.

2.2 제안 개선 사항

Fig. 3은 초기 회피 기동 명령 알고리즘에 데이터 변화 감지기라는 데이터 처리 및 판단 알고리즘을 추가한 회피 기동 판단 알고리즘으로 소프트웨어 개선을 통한 해결 방법이다. 데이터 변화 감지기는 선행 차량으로부터 오는 현재 데이터와 이전 데이터를 비

교하는 역할을 한다. 중계기는 데이터 변화 감지기를 내장함으로써 현재 도로 상황이 어떻게 변했는지를 알 수 있게 된다. 데이터의 변화 방향에 따라 4가지의 경우의 수가 존재할 수 있게 된다.

첫번째의 경우는 장애물이 아직 선행 차량으로 부터 감지되는 경우이다. 이 경우에는 모든 차량은 회피 기동 상태를 유지하게 된다. 두번째 경우는 회피 기동을 통해 장애물을 피하여 장애물이 감지되지 않는 상황이다. 이 상황은 회피 기동이 완료되어 장애물을 피했기 때문에 자율 주행을 유지하도록 하게 할 수 있다. 세번째의 경우는 장애물이 도로에 없는 상황으로 모든 차량은 자율 주행 상태를 유지하게 된다. 네번째의 경우는 장애물이 도로에 나타나 감지되는 상황이다. 이 경우에는 모든 후방 차량들에게 회피 기동 명령을 내려 군집 회피 기동을 실시하게 한다.

Fig. 4는 데이터 변화 감지기를 추가하게 되면서 개선된 회피 기동 판단 알고리즘이 ISM 주파수 영역 간섭에 의한 통신 지연 처리를 하는 것을 보여준다. 초기 회피 기동 명령 알고리즘과 달리 데이터 변화 감지기가 추가된 회피 기동 판단 알고리즘은 데이터의

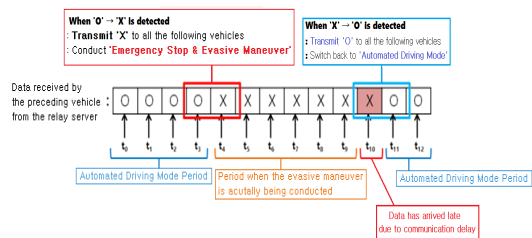


Fig. 4. Improvements in the Decision Algorithm After Applying Data Transition Detector

변화 방향에 따라 차량들에게 명령을 내리게 된다. 중계기는 모든 데이터를 항상 공유하는 대신 일종의 이벤트 기반 공유 방식으로 데이터가 변하는 순간을 감지하여, 그 순간에만 데이터를 공유하게 된다. 이러한 알고리즘 개선을 통해 중계기는 데이터의 변화 추세에 따라 회피 기동을 판단하기 때문에 간섭에 의한 통신 상황에서 데이터가 지연되어도 이를 오인식하여 불필요한 회피 기동 명령을 내리지 않게 된다. 이는 회피 기동 판단 뿐만 아니라 다른 여러 기동에 대한 판단에 대해 통신 지연으로 인한 오인식을 줄이고, 불필요한 기동 명령을 줄일 수 있다.

III. 실험

3.1 시험 환경

Fig. 5는 본 논문을 위해 구성한 다중 차량 제어 시스템 구성도를 보여준다. 이 시스템은 3개의 차량을 사용하며, 각각의 차량의 Processing 파트는 Linux 기반 Single Board 컴퓨터인 ODROID, 모터 제어를 위한 MCU (Micro-Controlling Unit)는 Arduino Uno로 구성 되어있다. Single Board Computer는 카메라를 이용하여 차선 인식을 하여, MCU에게 자율 주행을 위한 조향 데이터를 전달하게 된다. 이 때, 카메라의 영상처리를 통한 차선 감지를 위해 IPM (Inverse Persepective Mapping), Canny Edge Detection, Hough Transform 등 다양한 영상 처리 알고리즘을 사용한다.^[6-8] MCU는 Servo 모터 뿐만 아니라 적외선 거리 센서, DC 모터, 엔코더를 이용하여 선행 차량과 일정한 거리를 유지하면서 주행을 한다. Single Board Computer에는 Wi-Fi 모듈을 이용하여 Windows 서버로 구성된 중계기와 통신을 한다. 모든 차량은 일직선을 이루어서 주행을 하게 된다.

이 시스템은 고속도로 상황에서 다중 충돌을 방지하는 것을 상정하였기 때문에, 주행 환경은 6m 2차선 직진 코스이다. 여기에서 한 차선에 장애물을 놓게 되면, 선행 차량이 이를 감지하여 중계기를 통해 후방 차량들에게 알리게 된다. 특정 차선 위에서의 장애물에 대한 정보를 받은 모든 차량들은 장애물이 없는 다른 차선으로 넘어가게 함으로서 장애물에 대해 회피 기동을 하게 하였다.

ISM 대역의 간섭 환경을 만들기 위해 차량 내부에서 Bluetooth와 Wi-Fi 공존 (Coexistence) 상황을 응용하기로 하였다. ISM 간섭 환경에서의 실험을 위해서는 Processing 파트와 제어 파트인 MCU 간의 차량 내부 통신을 유선 대신 Bluetooth를 사용하였다. ISM

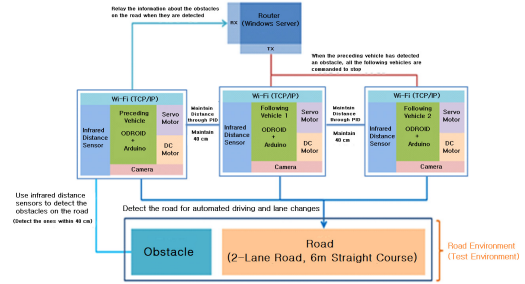


Fig. 5. Multiple Vehicle Control System Architecture

간섭 환경이 없는 상황에서의 실험을 위해서는 차량 내부 통신을 유선으로 하였다.

본 논문을 위해 구성한 시스템에서는 2가지의 차량이 있다. 첫번째로 군집 주행 시에 맨 앞에서 주행하는 선행 차량이 있고, 두번째로는 선행 차량을 일렬로 따라가는 후방 차량들이 있다. Fig. 7은 선행 차량의 Single Board Computer와 MCU 내부 알고리즘 구성도를 보여주고 있다. Single Board Computer 내에서는 TCP/IP 통신과 영상 처리 기능이 병렬로 처리될 수 있도록 다중 Thread를 사용한다. 이 때, 영상 처리 Thread를 MCU에게 조향 데이터를 전송하는 동시에 선행 차량이 물체를 감지했는지를 확인한다. 만약 물체가 거리 센서에 의해 감지가 안 되면, 도로가 막히지 않았기에 선행 차량은 서버에 ‘O’라는 데이터를 보내게 된다. 반면에 선행 차량의 거리 센서가 물체를 감지하면, 도로가 막힌 상황이기 때문에 선행 차량은 서버에 ‘X’라는 데이터를 보내게 된다. 선행 차량으로부터 온 데이터는 서버를 통해 모든 후방 차량들에게 동시에 전송이 된다.

Fig. 8은 후방 차량의 Single Board Computer와 MCU 내부 알고리즘 구성도를 보여주고 있다. 중계기는 이벤트 방식으로 작동하여, 데이터가 변하는 순간을 감지하는 순간에 해당되는 데이터를 후방 차량들에게 보내게 된다. Fig 3과 Fig 4에 나와있는 것과 같이 중계기는 차선이 장애물에 의해 막히게 되는 상황

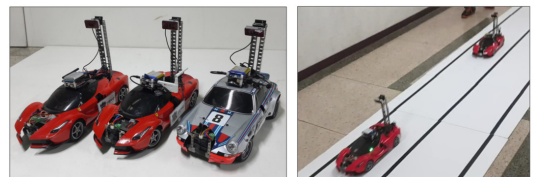


Fig. 6. Autonomous Vehicles Used For This Project (Left) and The Scene of Testing Multiple Vehicle Control System (Right)

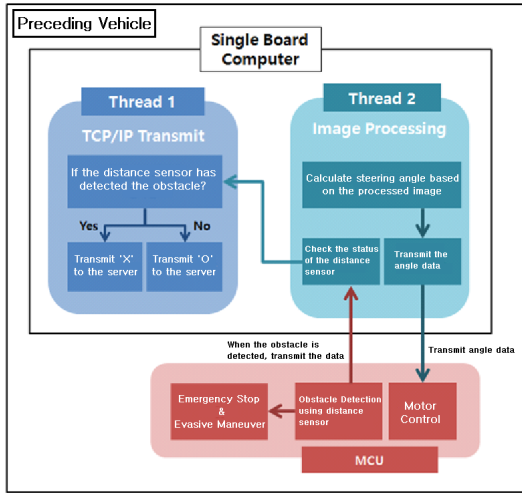


Fig. 7. Preceding Vehicle's Operation Algorithm

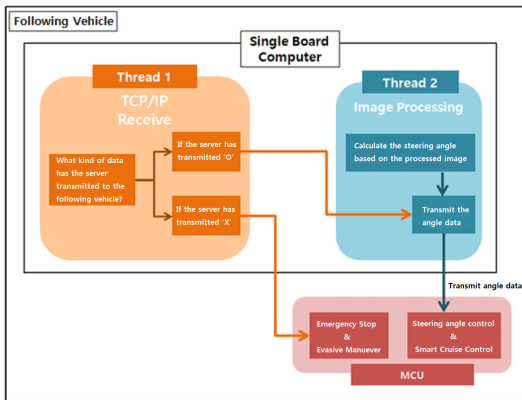


Fig. 8. Following Vehicle's Operation Algorithm

인 Case 4 ('O'에서 'X'으로 바뀌는 상황)에서 후방 차량들에게 'X'라는 데이터를 전송하게 된다. 중계기로부터 'X'라는 데이터를 받게 되면 후방 차량들은 자율 주행 모드를 해제하고, MCU에 긴급 정지 명령을 내리고 회피 기동을 하도록 하게 한다. 반면에 회피 기동이 완료되어 차선에 장애물이 없는 경우인 Case 2 ('X'에서 'O'으로 바뀌는 상황)에서 후방 차량들에게는 'O'라는 데이터가 전송된다. 중계기를 통해 'O'라는 데이터를 받게 되면 후방 차량들은 영상 기반의 자율 주행을 유지하게 된다. 이와 같이 선행 차량의 장애물 감지 여부를 서버를 통해 공유함으로써 장애물 발견 시에 모든 차량이 동시에 차선을 바꾸는 회피 기동을 할 수 있도록 한다.

3.2 신뢰도와 성능 비교

데이터 변화 감지기 적용에 따른 시스템의 신뢰도와 성능의 변화를 알아보기 위해 실험을 진행하였다. 이를 위해서 ISM 주파수 영역에 대해 간섭이 없는 환경과 간섭이 있는 환경에서 실험을 진행하였다. 각각의 환경에서 데이터 변화 감지기 적용 전후에 대해 80번의 테스트를 진행하였다. 각각의 상황에서 불필요한 회피 기동이 평균적으로 얼마나 감소되었는지를 관찰하였다.

테스트는 선행 차량 앞에 장애물을 감지하도록 하게 하였을 때, 후방 차량들이 그에 상응해서 회피 기동을 어떻게 하는 가를 확인함으로써 진행되었다. 이때, 선행 차량이 장애물을 감지하는 순간에 대해서만 모든 차량들이 1회 성공적인 회피 기동을 하는 것을 성공이라 정의한다. 반면에 선행 차량이 장애물을 감지하지 않는 동안에 차량 중 하나라도 불필요한 회피

Table 1. The Comparison Between the Algorithms Without and With Improvements Under No ISM Band Frequency Interference

	The Number of Successes	The Number of Failures	The Probability of Failures
Before Applying the Improvements in the Decision Algorithm	75	5	6.25%
After Applying the Improvements in the Decision Algorithm	76	4	5%
The Decrease in the Probability of Failures After Applying the Improvements			1.25%

Table 2. The Comparison Between the Algorithms Without and With the Improvements Under ISM Frequency Band Interference

	The Number of Successes	The Number of Failures	The Probability of Failures
Before Applying the Improvements in the Decision Algorithm	31	49	61.25%
After Applying the Improvements in the Decision Algorithm	71	9	11.25%
The Decrease in the Probability of Failures After Applying the Improvements			50%

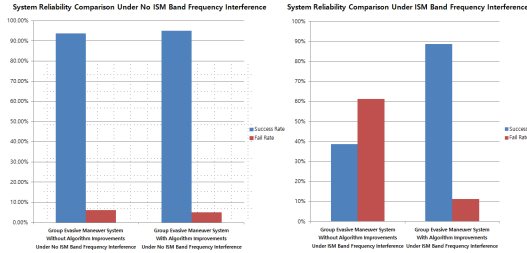


Fig. 9. Overall Shifts in Success/Fail Rate with Algorithm Improvements Under Different Communication Environment

기동을 하는 것을 실패라 정의한다.

1차 실험을 통해 ISM 주파수 영역에 대해 간섭이 발생하지 않는 환경에서 개선 사항인 데이터 변화 감지기를 적용함으로써 회피 기동 판단 알고리즘이 불필요한 회피 기동 명령을 내리게 되는 비율이 1.25%가 줄었다는 것을 볼 수 있다. 이는 주파수 간섭이 없는 상황에서 데이터의 변화 방향을 통해 회피 기동을 판단함으로써 알고리즘의 성능과 신뢰도를 높였다고 할 수 있다.

2차 실험을 통해 ISM 주파수 영역에 대해 간섭이 발생하는 환경에서 개선 사항인 데이터 변화 감지기를 적용함으로써 회피 기동 판단 알고리즘이 불필요한 회피 기동 명령을 내리게 되는 비율이 5.4배가 줄었다는 것을 볼 수 있다. 이는 주파수 간섭으로 인해 발생하는 통신 지연과 에러 상황에서 데이터의 변화 방향을 통해 회피 기동을 판단함으로써 알고리즘의 성능과 신뢰도를 높였다고 할 수 있다.

실험을 통해 주파수 영역 간섭이 없는 환경에서 데이터 변화 감지기를 적용하였을 시에 불필요한 회피 기동 명령을 내리게 되는 비율이 1.25% 줄어드는 것을 볼 수 있다. 주파수 영역 간섭이 있는 환경에서 데이터 변화 감지기를 적용함으로써 불필요한 회피 기동 명령을 내리게 되는 비율이 5.4배 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 본 논문에서 제시하는 데이터 변화 감지기는 주파수 간섭이 없는 경우에서도 성능을 향상시키지만 ISM 주파수 영역과 같이 항상 주파수 간섭이 존재하는 대역에서 신뢰도 개선에 대해 더욱 훌륭한 성능을 제공하는 것을 볼 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서 제시한 데이터 변화 감지기를 다중 차량 제어 시스템에 적용함으로써 주파수 간섭이 없는 상황에서 회피 기동 판단 실패율을 1.25%, 주파수 간

섭이 있는 상황에서 회피 기동 판단 실패율을 5.4배 줄일 수 있으며, 그에 상응하여 신뢰도를 높일 수 있을 것을 볼 수 있다. 이를 통해 차량 네트워크와 같이 시간 임계적 (Time Critical) 요구사항을 가진 시스템에서 알고리즘 개선을 통해 주파수 간섭으로 인한 통신 지연 또는 에러로 인해 데이터를 늦게 인식하여 불필요한 명령을 내리는 것에 대해 효과적으로 해결할 수 있다. 이를 통해 무선 통신 상황에서 간섭이 발생할 때, 시스템의 신뢰도와 성능을 높이는 해결 방안으로 응용될 수 있을 것이라 생각된다.

References

- [1] S. M. Heo and S. J. Yoo, "Multi-channel MAC protocol based on V2I/V2V collaboration in VANET," *J. KICS*, vol. 40, no. 1, pp. 1-12, Jan. 2015.
- [2] C. S. Yoon, H. I. An, S. J. Kang, and J. I. Jung, "A study on adaptation of V2X technology on UTIS," in *Proc. KICS Conf. 2015*, pp. 850-851, High1 Resort, Jan. 2015.
- [3] J. H. Song, J. J. Lee, S. W. Jung, and D. W. Seo, "Performance and multi-hop transmission tests for vehicular communication systems in real road environments," *J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.*, vol. 13, no. 1, pp. 35-45, Feb. 2014.
- [4] X. Ma, J. Zhang, X. Yin, and K. S. Trivedi, "Design and analysis of a robust broadcast scheme for VANET safety-related services," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 61, no. 1, pp. 46-61, Jan. 2012.
- [5] E. Chan, P. Gilhead, P. Jelinek, P. Krejci, and T. Robinson, "Cooperative control of SARTRE automated platoon vehicles," in *Proc. 19th ITS World Congress*, pp. 22-26, Vienna, Oct. 2012.
- [6] S. H. Shin, H. B. Kang, N. J. Gwak, H. I. Kim, and S. B. Cho, *Image and Vision System for Intelligent Vehicle Safety*, Hongneung Science, pp. 1-88, 2012.
- [7] M. Aly, "Real time detection of lane markers in urban streets," *IEEE Intell. Veh. Symp.*, pp. 7-12, Jun. 2008.
- [8] S. B. Jeong, C. H. Seo, T. S. Park, M. H. Lee, S. H. Hyun, and D. S. Han, "Implementation

of lane detection algorithm robust in shadow using vanishing point,” in *Proc. KICS Conf.*, pp. 294-295, KAIST, Nov. 2014.

최 병 찬 (Byung Chan Choi)



2016년 2월 : 한양대학교 전자
통신공학과 졸업
2016년 3월~현재 : 대한민국 해
군 소위

권 혁 찬 (Hyuk Chan Kwon)



2016년 2월 : 한양대학교 전자
통신공학과 졸업
2016년 3월~현재 : 한양대학교
전자컴퓨터통신공학과 석사
과정

손 진 희 (Jin Hee Son)



2016년 2월 : 한양대학교 전자
시스템공학과 졸업
2016년 3월~현재 : 광주과학기술
연구원 기계공학부 석사과정

남 해 운 (Haewoon Nam)



1997년 2월 : 한양대학교 공학
학사
1999년 2월 : 서울대학교 공학
석사
1999년~2002년 : 삼성전자 통신
연구소 선임연구원
2006년 12월 : University of
Texas at Austin 전기컴퓨터공학과 박사
2006년~2010년 : Motorola Inc., Senior Staff
Engineer
2010년~2011년 : Apple Inc., Principal Engineer
2011년~현재 : 한양대학교 전자통신공학과 교수
<관심분야> 이동통신, 통신시스템설계, 임베디드 시
스템