

C-V2X를 활용한 군집주행 버스에 대한 연구

백재희* · 신용태

승실대학교

A Study on the Bus of Platooning with C-V2X

Jae-hee Back* · Yong-tae Shin

Soongsil University

E-mail : jhhh223@naver.com / shin@ssu.ac.kr

요 약

빠른 자율주행 기술의 발전으로 승용차뿐만 아니라 화물차 및 버스의 자율주행 상용화가 가까운 미래로 다가왔다. 세계 각국에서 자율주행 상용화를 위한 연구가 활발하게 진행 중인 가운데, 기술의 발전에 따라 본 논문에서는 더욱 효과적인 버스의 자율주행을 위하여 C-V2X를 기반으로 한 새로운 개념의 군집주행 기술을 적용한 버스를 제안한다. 군집주행 버스를 실현하기 위해서 군집주행의 핵심 통신인 차량 간 통신, 차량 대 인프라 통신에 기존에 사용하던 V2X를 보완한 C-V2X를 활용하여 보다 효율적인 군집주행 버스를 제안한다.

ABSTRACT

With the rapid development of autonomous driving technology, commercialization of freight cars and buses as well as passenger cars has come to the near future. As researches for commercialization of autonomous navigation are being actively carried out in various countries around the world, in accordance with the development of technology, this paper proposes a bus adopting a new concept of community driving technology based on C-V2X for more effective autonomous driving of buses do. In order to realize the cluster bus, we propose a more effective cluster bus using C-V2X, which is the core communication of the cluster driving, which is complementary to the existing V2X for inter-vehicle communication and vehicle-to-infrastructure communication.

키워드

Automated Driving, C-V2X(Cellular-Vehicle to everything), Bus Driving, Platooning

1. 서 론

최근 자율주행 기술은 승용차뿐만 아니라 화물차 및 버스에서도 연구가 이루어지고 있다. 이에 따라 승용차 위주의 자율주행 기술을 개발하던 우리나라에서도 2018년 화물차와 버스의 기술개발 촉진 및 실증을 위해 국토교통부에서 이와 관련된 ‘자율주행 기반 대중교통 시스템 실증 연구’, ‘차량, 사물통신(V2X) 기반 화물차 군집주행 운영 기술개발’ 과제를 시작하였다[1]. 화물차와 버스 모두 자율주행 성공 사례가 존재하는데, 2016년 ‘캠트로닉스’에서 V2X를 기반으로 한 화물차 군집주행을

성공시켰다. 버스의 경우, 2017년 독일에서 미니버스를 근거리 교통수단으로 투입하여 자율주행에 성공했고, 2018년 대한민국에서 자율주행 버스가 실제 도로에서 운행하였다.

기존 군집주행 기술은 V2X를 바탕으로 대부분 화물차에 적용시켰다. 센서를 이용한 통신으로 차량 간 거리를 최단 거리로 유지하여 긍정적인 효과를 얻었으나, 군집주행을 하는 차량 사이에 다른 차량이 들어올 수 없기 때문에 같은 목적지를 가지고 고속도로를 달리는 화물차 이외의 차량에는 적용시키기 어렵다는 단점이 있었다. 본 논문에서는 군집주행 기술을 버스에 적용하기 위해 차량 간 거리가 떨어져있어도 군집을 유지할 수 있도록 C-V2X 기술을 적용시켜 기존보다 큰 개념의 군집

* speaker

주행을 제안한다.

II. 관련연구

2.1 V2X 통신

V2X(Vehicle to Everything)란 차량이 유무선망을 통하여 인프라가 구축된 도로 및 다른 차량들과 사물이 정보를 교환하는 기술을 말한다. 이는 차량 간 통신(V2V, Vehicle to Vehicle), 차량 대 인프라 통신(V2I, Vehicle to Infra), 차량 대 보행자 통신(V2P, Vehicle to Pedestrian), 차량 대 네트워크 통신(V2N, Vehicle to Network) 등 차량과 통신하는 모든 것을 통합한 개념이다[2].

주요지점에 노변기지국(RSU, Road Side Unit)을 설치하여 이와 도로에 운행하는 차량에 설치된 차량 단말기(OBU, On Board Unit)를 연결하여 운전자에게 실시간 교통정보, 돌방 상황 등의 전체적인 교통상황에 대한 정보를 제공하고, 차량단말기에서는 전송하는 여러 정보를 수집하여 교통정보 센터로 전송하는 기능을 한다[3].

V2X를 위한 표준화 된 통신 표준 기술로는 단거리 전용 통신인 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 방식을 가진 WAVE(Wireless Access for Vehicle Environment)가 있다. WAVE는 근거리 통신 표준에 맞는 IEEE 802.11p Wi-Fi 기술을 자동차에 맞도록 개선한 표준이다. 그러나 비인가 대역을 활용하므로 보안과 안정성에 취약점이 있다.

자율주행 도입 초기에는 통신에 연결된 차량과 인프라와의 통신이 많지 않을 것이라고 예상했으므로 이와 같이 비효율적인 운용에도 문제가 없을 것이라 예상했다. 하지만 점차 통신에 연결된 차량이 많아질 경우 문제가 생길 가능성이 크다[4]. 이와 같은 V2X의 한계를 보완하기 위해 C-V2X가 개발 되었다.

2.2 C-V2X 통신

C-V2X(Cellular-V2X)란 이동통신 기술 기반의 V2X 통신기술로 두 종류의 전송모드를 가진다.

첫 번째 전송모드는 네트워크 통신으로 Uu 인터페이스로 통신하여 차량 대 네트워크 통신이 가능하다. 기존에 폭넓게 구축된 LTE 네트워크를 활용한다. 약간의 지연에도 문제가 없는 정보의 전달을 할 경우 이용한다. 무선 주파수 대역에서 차량이 모바일 네트워크를 통해 클라우드와 통신할 수 있도록 지원하기 때문에 먼 거리의 사고 소식도 전달받을 수 있다.

두 번째 전송모드는 직접 통신으로 PC5 인터페이스로 통신하여 차량 대 인프라, 차량 간 통신, 차량 대 보행자 통신이 가능하다. 이는 이동통신망이 아닌 국제적으로 합의가 된 5.9 GHz ITS(Intelligent Transport System)대역을 활용하여 저지연 직접 통신을 하므로 고속으로 주행하는 차량끼리의 통신이나 복잡한 교통 상황, 모바일 네트

워크 커버리지 밖에서도 실시간으로 차량끼리 정보 교환이 가능하다. 그리고 무선 네트워크 혹은 커버리지에 의존하지 않기 때문에 확장된 통신 범위와 향상된 신뢰성을 가질 수 있다. 또한 상용 무선 주파수 대역에서 이루어지는 차량 대 네트워크 통신에 영향을 받지 않고 독립적으로 수신 가능하므로 도로 위험 요소와 경고와 같은 안전메시지를 즉각적으로 교환할 수 있다.

미국의 무선전화통신 연구개발 기업인 퀄컴은 LTE와 5G 같은 이동 통신 서비스를 자동차에 접목하는 C-V2X 기술을 탑재한 C-V2X 칩셋 9150을 2019년까지 상용화하는 것을 목표로 하고 있다.

C-V2X는 V2X의 DSRC보다 약 2배 정도 넓은 지역을 지원할 수 있고 반응시간 또한 3배까지 차이가 나므로 사고를 회피할 수 있는 시간을 벌 수 있고 기존 LTE망을 이용하여 서비스 구축이 가능하다는 점에서 보다 폭넓은 사용이 기대된다[5].

2.3 차량 군집주행 시스템

차량 군집 주행 시스템이란 미국의 PATH(Partners for Advanced Transportation Technology) 연구소에서 최초로 제안한 시스템으로 하나의 군집 대열에 속하는 여러 대의 차량이 차량 간의 최소 간격을 유지하며 군집대열을 형성해 주행하는 방식이다[6].

군집대열 내의 차량은 선두 차량과 멤버 차량으로 나뉘고 이들은 CACC(Cooperative Adaptive Cruise Control)를 이용하여 차량 간 통신을 하고 차량의 위치, 차량 속도 등의 정보를 공유하여 차량 간 간격을 제어하며 군집대열을 유지한다. CACC란 Ladar, Lidar 센서를 이용해 다른 차량과의 거리를 조절하는 기술인 ACC(Adaptive Cruise Control)의 성능을 향상시킨 기술로, DSRC를 활용한 WAVE같은 V2X 통신 기술을 이용하여 서로 인접하지 않은 차량에게 자신의 정보를 전송한다. 군집대열 내의 차량은 CACC를 이용하여 선행차량과 최소 거리를 유지하며 주행한다. 멤버차량은 선두차량을 그대로 따라가며 멤버차량의 운전자는 선두차량을 제대로 가고 있는지의 여부만 확인하면 된다[7].

차량 군집주행 시스템을 이용하면 군집대열 내의 차량이 최소한의 공간을 차지하여 주행할 수 있으므로 도로를 확장하지 않고도 차량의 흐름을 원활하게 하여 도로 용량을 현재보다 훨씬 더 높은 수준으로 활용 가능하다. 또한 후행차량은 선행차량을 따라서 가기만 하면 되므로 운전자에게 쾌적하고 안전한 운행을 제공한다. 더불어 선행차량이 후행차량의 바람막이 역할을 해주기 때문에 후행차량은 주행에 필요한 에너지가 줄어들게 되어 연료 효율이 높아진다[8].

III. C-V2X를 활용한 군집주행 버스 제안

기존의 군집주행 화물차는 V2X를 기반으로 한

CACC를 활용해 V2V 통신으로 차량 간 최소 간격을 유지하여 여러 대의 화물차를 하나의 화물차처럼 주행 가능하게 하고 이를 통해 연료 감소, 도로 용량 증대 등의 효과를 얻었다.

이와 다르게 버스는 어느정도의 차량 간 거리가 유지되어야 한다. 그러므로 기존의 군집주행에 활용되었던 V2X가 아닌 C-V2X가 적합하다. C-V2X는 V2X를 발전시켜 V2X보다 넓은 커버리지를 커버 가능하고 직접 통신이 가능한 기술로 C-V2X의 두가지 전송모드를 군집주행 버스에 적절하게 활용 가능하다.

같은 번호를 가진 버스는 동일한 노선으로 주행하기 때문에 그림 1-(a)와 같이 같은 번호의 버스 간에 군집대열을 형성하여 주행한다. 군집대열은 차량 간의 PC5 인터페이스 직접 통신을 이용하여 유지한다. 군집대열 내의 버스는 선두 버스와 한대 이상의 멤버 버스로 나뉜다.

선두 버스는 그림 1-(c)와 같은 차량 대 인프라 통신을 하여 전체적인 교통상황 정보를 수신하고 차량 간 통신으로 군집대열 내의 각 멤버 버스와 정보를 공유한다. 그림 1-(b)의 차량 간 통신은 PC5 인터페이스의 직접 통신을 이용하기 때문에 이동통신망의 영향을 받지 않아 예기치 못한 상황 발생시 즉각적으로 교통 정보를 수신 가능하므로 교통상황에 따라 배차간격이 일정하게 유지되지 않아 생기는 버스 탑승자의 불편을 방지할 수 있다. 또한 차량 간 직접 통신을 지속적으로 진행하기 때문에 군집대열 내의 버스에서 고장 등의 문제가 생겼을 경우 보다 신속한 조치가 가능하다.

차량 대 보행자 통신 또한 PC5 인터페이스의 직접 통신을 하기 때문에 버스 탑승자는 자신이 이용할 버스와 실시간으로 통신하여 출발 상황 시 타 교통수단을 이용할 수 있는 편의를 제공한다.

간단한 교통 상황 정보는 군집 대열 내의 리더 버스만 차량 대 인프라 통신을 하여 정보를 수신하고 멤버 버스는 차량 대 인프라 통신을 하지 않고 차량 간 통신으로 정보를 수신할 수 있다. 이를 통하여 인프라와의 불필요한 통신을 줄일 수 있다.

전체적인 교통상황 정보는 앞의 방법으로도 수신 가능하지만, 각각 버스의 교통상황 정보는 Uu 인터페이스의 네트워크 통신을 이용하여 각 버스가 그림 1-(d), 그림 1-(e)와 같은 차량 대 인프라 통신이 가능하다.

본 논문은 현재 자율주행 기술에 맞춰 선두 버스에만 운전자가 탑승하도록 제안하지만 운전자가 없는 4단계 자율주행 기술까지의 발전을 기대하여 최종적으로 운전자가 존재하지 않는 군집주행 자율주행 버스를 목표로 한다. 그러므로 인건비 감소의 효과를 얻을 수 있다.

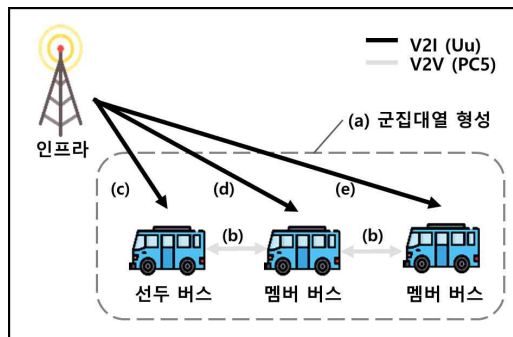


그림 1. C-V2X를 활용한 군집주행 버스

IV. 결론

본 논문에서는 현재 화물 운송을 위한 화물차에 주로 이용되는 군집주행 기술을 버스에 적용하여 보다 효율적인 버스주행 및 부가적인 이점을 얻기 위해 C-V2X를 활용한 군집주행 버스를 제안하였다.

기존 V2X를 활용한 군집주행은 버스에 적용할 경우 차량 간 통신에 한계점이 존재하여 차량 간 통신의 커버리지가 넓고 실시간 직접통신이 가능한 C-V2X를 활용하였다. C-V2X를 활용한 군집주행 버스는 차량 간 간격 제어를 통한 버스 배차 간격의 일정한 유지, 군집대열 내 모든 버스에 운전자가 필요 없으므로 인건비 감소, 차량 간 직접 통신으로 인해 즉각적으로 정보 공유가 가능한 장점을 기대할 수 있다. 이를 바탕으로 기존 자율주행 버스보다 더 효율적인 버스 주행이 가능하다.

Acknowledgement

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2018-0-00209-001)

References

- [1] From next year, we meet on autonomous buses, lorries and general roads. [internet]. Available : <https://www.boannews.com/media/view.asp?id=69718> (in Korean)
- [2] T.H. Lim, "Autonomous Navigation and V2X Communication Technology Trend", Weekly ICT Trend, South Korea, IITP(Institute for Information&communications Technology Promotion), No 1820, pp. 2-11, Nov. 2017. (in Korean)
- [3] Jae-kon Oh, "A Study on Intelligent Traffic Signal Control System based on V2X Information", Ph.D. Thesis, Chonbuk National

- University, pp. 9-58 , Feb. 2017. (in Korean)
- [4] Cellular V2X: What is the key technology for future self-driving cars? [internet]. Available :<https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=4690059&memberNo=20717909&searchKeyword=C-V2X&searchRank=4> (in Korean)
- [5] 10 things you should know about C-V2X [internet]. Available :
<https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=11622171&memberNo=20717909> (in Korean)
- [6] Jun-ho Oh, “Multicast Protocol Suitable for Vehicle Platooning”, Master’s Thesis, Hanyang University, pp. 1-51, Feb. 2012. (in Korean)
- [7] D. G. Su, S. H. Ahn, “An Adaptive Vehicle Platoon Formation Mechanism for Road Capacity Improvement”, KIPS Tr. Comp. and Comm. Sys., Vol. 5, No 10, pp. 327-330, Oct. 2016. (in Korean)
- [8] [Car] Train on the road ‘Truck platoon’ [internet]. Available :
<http://plug.hani.co.kr/futures/textyle/2590794> (in Korean)