

WAVE 기반 멀티채널 MAC 프로토콜의 동작원리 분석

정진욱* · 강우성* · 진교홍*

*국립창원대학교 전자공학과

Operation and Analysis of WAVE-based Multi-Channel MAC Protocol

Jin-uk Jung* · Woo-sung Kang* · Kyo-hong Jin*

*Dept. of Electronic Eng., Changwon National University

E-mail : jaygarcia@changwon.ac.kr

요 약

차량 에드혹 네트워크는 ITS의 핵심 기술로써 V2V 통신과 V2I 통신을 활용하여 도로 상에서 운전자 및 승객에게 안전 서비스와 정보 서비스를 제공한다. 대표적인 차량 에드혹 네트워크의 표준인 WAVE는 IEEE 802.11p에서 정의하는 MAC 프로토콜을 사용하고 다수의 채널들을 활용하기 위한 채널 코디네이션 알고리즘을 포함하고 있지만, 운전자의 안전을 위한 긴급 데이터의 QoS 보장에 문제가 있으며, 일반 인포테인먼트 데이터의 경우 성능향상에 한계를 보이고 있다. 본 논문에서는 위의 문제를 해결하기 위해서 지금까지 제안된 WAVE 기반 멀티채널 MAC 프로토콜의 동작원리를 소개하고 특징들을 분석하였다.

ABSTRACT

Vehicular Ad-hoc Network the core technology of ITS supports safety service or information service to driver and passenger on the roads utilizing V2V and V2I communication. WAVE, the standard of the vehicular ad hoc networks, adopts IEEE 802.11p as MAC protocol and includes the channel coordination algorithm to utilize multiple channels. However, this standard shows the problem related with QoS guarantee of urgent data for driver's safety and the limitation of the performance improvement. In this paper, we introduce WAVE-based Multi-channel MAC protocols that have proposed to resolve above problems and describe their features.

키워드

ITS, 차량 에드-혹 네트워크, 멀티채널 코디네이션, WAVE, IEEE 802.11p

1. 서 론

지능형 교통체계(ITS: Intelligent Transportation Systems)는 교통수단 및 교통시설에 전자 제어 및 통신 등 첨단기술을 접목하여 교통 정보 및 서비스를 제공하고 이를 활용함으로써 교통 체계의 운영 및 관리를 과학화 자동화하고, 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계를 말한다[1].

차량과 관련된 ITS 서비스의 핵심 기술인 차량 에드혹 네트워크(VANET: Vehicular Ad-hoc Network)는 무선 송·수신기를 부착한 차량(Vehicle)들과 도로 주변에 설치되어 유 무선 통신을 제공하는 인프라스트럭처(Infrastructure)들로 구성되며 이들 간에 V2V(Vehicle-to-Vehicle) 및

V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 통신을 통해서 운전자 및 승객에게 안전 서비스 및 인포테인먼트 서비스를 제공하기 위해서 사용된다.

대표적인 차량 에드혹 네트워크 표준인 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)는 IEEE 1609.1/2/3/4과 IEEE 802.11p로 구성되며 각각 WAVE 어플리케이션, 시큐리티, 네트워킹, 멀티채널 코디네이션 동작과 PHY/MAC 계층에 대해 기술하고 있다[2][3]. 그 중에서 IEEE 1609.4는 다수의 채널을 활용하기 위해 일정한 간격마다 채널을 스위칭하는 동작을 포함하고 있지만 채널의 활용을 최대화하지 못하고 안전 서비스 관련 정보에 대한 QoS(Quality of Service)를 보장하지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 위의 두 가지의 문제점들을 해결하기 위해 지금까지 제안된 WAVE 기반의 멀티채널 MAC 프로토콜들을 소개하고 그들의 동작 방법 및 특징을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 1609.4의 멀티채널 코디네이션 동작과 문제점들에 대해서 간략히 기술하고, 3장에서는 현재까지 제안된 WAVE 기반의 멀티채널 MAC 프로토콜들의 동작들과 장·단점을 설명하였다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 과제를 제시하였다.

II. IEEE 1609.4 멀티채널 코디네이션

WAVE 디바이스들은 그림 1과 같이 하나의 제어 채널(CCH: Control Channel, 채널 번호 178)과 6개의 서비스 채널(SCH: Service Channel)을 이용하여 서로 통신한다. 시간은 Sync Interval(100msec)로 분할되며 이 Interval은 다시 CCH Interval(50msec)과 SCH Interval(50msec)로 나누어진다. 모든 WAVE 디바이스들은 CCH Interval동안에 CCH를 모니터링해야 하며 현재 네트워크상에서 제공되는 서비스들의 목록을 포함하는 WSA(WAVE Service Announcement) 프레임과 높은 우선순위의 안전 서비스 정보를 전송할 수 있다. CCH Interval이 끝나고 SCH Interval이 시작될 때 모든 디바이스들은 SCH로 채널을 스위칭해야 하며 이 Interval동안에는 안전 서비스 정보뿐만 아니라 IP 기반의 일반 데이터를 전송할 수 있다[4]. 그러나 이 WAVE의 멀티채널 코디네이션 동작은 CCH Interval동안에 다른 서비스 채널들을 사용할 수 없고 SCH Interval동안에는 제어 채널을 사용할 수 없는 문제점이 있다.

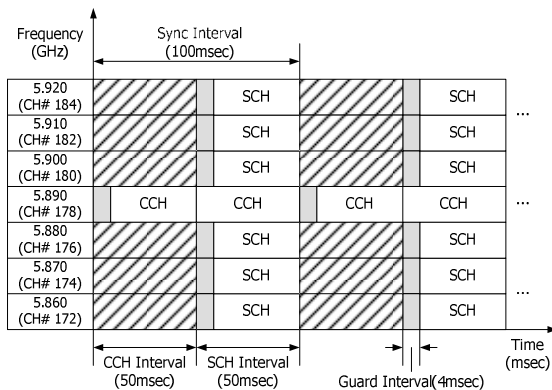


그림 1. WAVE에서 사용되는 채널과 멀티채널 코디네이션

그리고 WAVE 디바이스는 아래 그림에서와 같이 IEEE 802.11e의 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 사용하여 모든 프레임들을 전송한다[5]. 그러나 지연시간을 최소화해야 하는

안전 서비스 정보의 경우에도 경쟁 기반의 EDCA를 사용하여 전송하기 때문에 충돌이 발생할 확률이 높고 따라서 패킷 전송시간이 길어진다.

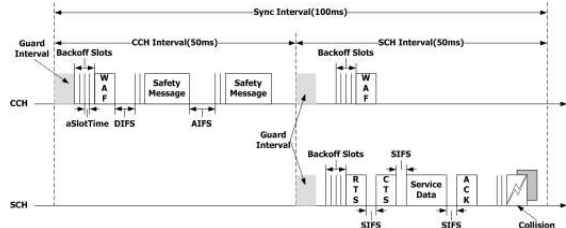


그림 2. IEEE 1609.4 멀티채널 코디네이션과 IEEE 802.11e EDCA 매커니즘을 결합한 채널 액세스의 예

본 논문에서는 위의 문제점들을 해결하기 위해 제안된 멀티채널 MAC 프로토콜 중에서 WAVE와의 호환성을 고려하여 WAVE를 수정한 멀티채널 MAC 프로토콜들을 소개하고 그 특징들을 분석하였다.

III. WAVE 기반 멀티채널 MAC 프로토콜

현재까지 제안된 WAVE 기반 멀티채널 MAC 프로토콜들의 대부분은 CCH Interval을 조절함으로써 SCH Interval의 길이를 늘려 서비스 채널을 더 많이 사용할 수 있는 방법을 제시하고 있다. 이 장에서는 제안된 프로토콜들의 CCH Interval의 길이를 조절하는 방법과 서비스 채널 활용 전략을 설명하고 그 외의 문제점들을 분석하였다.

(1) CCH Interval의 길이 조절

VCI(Variable CCH Interval) MAC 프로토콜은 그림 3과 같이 CCH Interval을 안전 서비스 관련 데이터를 전송하는 Safety Interval과 WSA(WAVE Service Announcement) 프레임을 전송하고 서비스 채널을 예약하는 용도로 사용되는 WSA Interval로 나누었다. Safety Interval 길이와 WSA Interval의 길이는 주변 차량들의 개수에 따라 결정되며 주변 차량들에게 CCH Interval의 길이를 알려주는 목적으로 RSU(RoadSide Unit)에 의해 전송되는 VCI 패킷은 Safety Interval이 시작될 때 전송된다. 결과적으로 VCI 패킷을 수신하는 주변의 차량들은 CCH Interval의 길이를 알 수 있다[6].

DID-MMAC(Dynamic Interval Division Multi-channel MAC) 프로토콜은 CCH Interval을 SAP(Service Announcement Phase), BP(Beacon Phase), 그리고 PRP(Peer-to-peer Reservation Phase)로 나누었다. WSA 프레임 전송 구간인 SAP와 Beacon 프레임 전송 구간인 BP는 각각

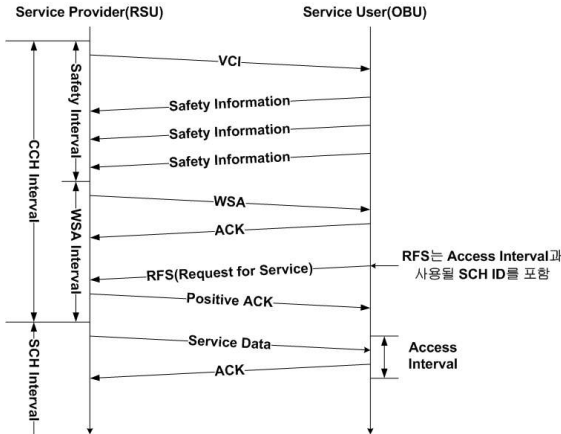


그림 3. VCI MAC 프로토콜 사용한 데이터 전송의 예

End-Of-SAP와 End-Of-BP라는 시간동안 채널이 Idle 상태인 경우에 종료하게 된다. Beacon 프레임에는 각 차량이 전송하고자 하는 데이터의 양이 기록되어 있으며 모든 차량들은 BP가 끝날 때 네트워킹상의 모든 트래픽 양을 계산할 수 있다. 즉, Beacon 프레임의 개수는 차량의 개수만큼 전송되기 때문에 차량의 개수는 네트워크 트래픽의 양을 결정짓는 요소가 된다. 따라서 PRP 길이는 차량의 개수가 증가하면 감소된다[7].

위 프로토콜들은 EDCA를 사용하여 데이터를 전송하기 때문에 높은 우선순위의 메시지들을 전송하는 차량들이 증가하는 경우에 발생하는 충돌과 MAC 계층의 큐에 대기 중인 데이터가 많은 경우에 QoS를 제공할 수 없다. [8]은 CCH Interval을 RSU가 Beacon 프레임을 전송하기 위해서 사용하는 Infrastructure Period(IP)와 차량들이 안전 서비스 정보를 전송하는 Slotted Period(SloP)로 분할하였다. 차량들에 의해서 생성되는 안전 서비스 정보들은 Slotted 방식을 사용하여 SloP상에서 전송되기 때문에 충돌이 발생하지 않으며 내부 경쟁을 위해 가장 높은 우선순위를 나타내는 Safety AC(Access Category)를 정의하고 안전 서비스 정보를 이 카테고리로 분류함으로써 다른 AC의 데이터보다 더 빠르게 전송할 수 있도록 하였다.

(2) 서비스 채널 사용 전략

WAVE는 경쟁 기반의 MAC 프로토콜인 EDCA를 사용하기 때문에 차량이 밀집된 환경에서 서비스 데이터를 전송하는 경우 충돌로 인해 그 성능이 크게 저하된다.

그림 2와 같이 VCI MAC에서 RSU는 WSA Interval동안에 자신이 제공하는 서비스들의 목록과 그에 대응하는 서비스 채널의 번호를 포함하는 WSA 프레임을 전송하고 WSA 프레임내에 포함된 서비스를 제공받으려는 OBU(Onboard Unit)들은 서비스 채널 사용을 예약하는 RFS(Request

for Service) 패킷을 전송한다. 이 RFS를 수신한 RSU는 Positive-ACK를 전송함으로써 OBU들이 채널에 액세스해야 하는 시간을 가르쳐준다[6].

DID-MMAC은 차량들이 데이터를 송·수신할 채널을 결정할 수 있도록 수정된 MMAC (Multi-channel MAC)을 사용한다[9]. PRP에서 RTS(이용 가능한 서비스 채널 목록 포함)/CTS(사용할 채널 번호 포함)를 교환함으로써 두 개의 차량들은 데이터를 송·수신할 서비스 채널을 결정하고 다음 SCH Interval에서 CTS에 포함된 채널 번호를 통해 데이터를 전송한다[7].

VMESH(Vehicular MESH) MAC은 CCH Interval을 Beacon Period와 Safety Period로 분할했다. Beacon Period는 다수의 Beacon Slot들로 구성되며 각 차량들은 자신만의 Beacon Slot을 가진다. 먼저 Service Provider(일반적으로 RSU)가 Beacon을 전송하고 이 Beacon을 수신한 Service User들은 Communication Partner ID, SCH ID, SCH Interval ID, 전송 시작 시간, 지속시간을 포함하는 Beacon 프레임을 전송한다. Service Provider는 수신된 Beacon 프레임에 기록된 SCH ID, SCH Interval ID, 시작 시간, 지속시간을 이전에 수신한 Beacon 프레임에 기록된 정보들과 비교해서 채널 사용 시간이 중복되는지 확인하고 만약 중복된다면 다음 Beacon Period에서 Service User에게 다른 시간을 선택하도록 요청하거나 예약을 거부하는 메시지를 전달한다[10].

[11]의 기본적인 아이디어는 차량이 원하는 만큼 서비스 채널을 사용할 수 있도록 하는 것이다. 홀수 개의 SCH Interval들을 합쳐 Extended SCH Interval이라 부르는데 Provider는 CCH Interval 동안에 Extended SCH Interval의 길이를 포함하는 WSA 프레임을 전송한다. WSA 프레임을 수신한 User는 WSA 프레임에 기록된 시간동안 서비스 채널에 머무른 후 제어 채널로 돌아온다.

(3) 특징 분석

표 1은 WAVE 기반 멀티채널 MAC 프로토콜들의 특징들을 나타낸 것이다. VCI MAC, DID-MMAC 그리고 VMESH MAC 프로토콜은 CCH Interval의 길이를 조절하고 서비스 채널을 사용할 시간을 예약하여 패킷 충돌이 발생하는 것을 방지함으로써 서비스 채널의 대역폭이 낭비되지 않도록 하였다. 그러나 MAC 프로토콜로 EDCA를 사용하기 때문에 안전 서비스 정보의 전송에 대한 QoS를 제공하지 못하는 단점이 있다. S.Y.Wang의 프로토콜은 CCH Interval을 분할하거나 서비스 채널 사용을 예약하지 않고 몇 개의 SCH Interval을 합쳐 Extended SCH Interval이라는 개념을 정의하여 서비스 채널의 활용을 향상시키는 방법을 제안하였다. 그러나 이 프로토콜 역시 EDCA를 사용하기 때문에 안전 서비스 정보의 QoS를 보장하지 않는다. Nuno Ferreira의

표 1. WAVE 기반 멀티채널 MAC 프로토콜들의 비교분석

	CCH Interval 분할	서비스 채널 사용 예약	서비스 채널 활용 향상	안전 서비스 데이터의 즉각적인 전송	새로운 패킷이나 새로운 필드의 추가
VCI MAC	Yes	Yes	Yes	No	Yes
DID-MMAC	Yes	Yes	Yes	No	Yes
VMESH MAC	Yes	Yes	Yes	No	Yes
S.Y.Wang의 프로토콜	No	No	Yes	No	Yes
Nuno Ferreira의 프로토콜	Yes	No	No	Yes	No

프로토콜은 CCH Interval을 분할하여 차량이 안전 서비스 정보를 전송하는 구간을 지정함으로써 패킷 충돌을 방지하고 Safety AC를 정의하여 안전 서비스 정보가 다른 데이터들보다 빠르게 전송할 수 있도록 하였다.

V. 결론 및 향후 과제

WAVE의 멀티채널 코디네이션 알고리즘과 MAC 프로토콜은 서비스 채널의 대역폭을 낭비하고 안전 서비스 정보를 빠르게 전송할 수 없는 문제점이 있다. 본 논문에서는 이런 문제점들을 해결하기 위해 제안된 WAVE 기반 멀티채널 MAC 프로토콜들의 동작을 설명하고 특징들을 분석하였다. 향후 본 논문의 연구를 바탕으로 차량 에드혹 네트워크 환경에서 서비스 채널의 대역폭을 효율적으로 활용하면서 안전 서비스 정보의 즉각적인 전송을 제공하는 WAVE 기반의 멀티채널 MAC 프로토콜을 개발하고자 한다.

참고문헌

[1] ITS 코리아, <http://www.itskorea.or.kr/>
 [2] Y.L.Morgan, "Notes on DSRC & WAVE Standards Suite: Its Architecture, Design, and Characteristics," *IEEE Communication Surveys&Tutorial*, pp.1-15, 2010
 [3] IEEE WG, IEEE 802.11p/D2.01, Draft Amendment to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE), March, 1997
 [4] IEEE, IEEE Std 1609.4, IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi-Channel Operation, December, 2006
 [5] IEEE-802.11WG, IEEE 802.11e Standard Draft/D8.0: Draft Supplement to Standard for Telecommunications and Information

Exchange between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 11: MAC enhancements for quality of service(QoS), February, 2004
 [6] Qing Wang, Supeng Leng, Huirong Fu, Yan Zhang and Hesiri Weerasinghe, "An Enhanced Multi-channel MAC for the IEEE 1609.4 based Vehicular Ad Hoc Networks," *INFOCOM IEEE Conference on Computer Communications Workshops, 2010*, pp.1-2, March, 2010
 [7] Liang Liu, Weiwei Xia and Lianfeng Shen, "An Adaptive Multi-channel MAC Protocol with Dynamic Interval Division in Vehicular Environment," *The 1st International Conference on Information Science and Engineering*, pp.2534-2537, 2009
 [8] Nuno Ferreira, Jos A. Fonseca, and J. Sales Gomes, "On the adequacy of 802.11p MAC protocols to support safety services in ITS," *Emerging Technologies and Factory Automation 2008*, pp.1189-1192, September, 2008
 [9] Jungmin So and Nitin Vaidya, "Multi-Channel MAC for Ad Hoc Networks: Handling Multi-Channel Hidden Terminals Using A Single Transceiver," *MobiHoc'04*, pp.222-233, May, 2004
 [10] Yunpeng Zang, Lothar Stibor, Bernhard, Hans-Jürgen Reumerman, and Andre Barroso, "Towards Broadband Vehicular Ad-Hoc Networks - The Vehicular Mesh Network(VMESH) MAC Protocol," *Wireless Communications and Networking Conference 2007*, pp.417-422, March, 2007
 [11] S.Y.Wang, C.L.Chou, K.C.Liu, T.W.Ho, W.J.Hung, C.F.Huang, M.S.Hsu, H.Y.Chen, and C.C.Lin, "Improving the Channel Utilization of IEEE 802.11p/1609 Networks," *Wireless Communications and Networking Conference 2009*, pp.1-6, April, 2009