차량 통신 네트워크에서 효율적인 데이터 처리를 위한 MAC 프로토콜 기술 연구

박찬기*, 김준수*, 류민우*, 김대영*, 차시호**, 조국현*
*광운대학교 컴퓨터과학과
**청운대학교 멀티미디어학과
e-mail:*(chanki, eyesofdeath, minu0921, com, khcho)@kw.ac.kr
**shcha@chungwoon.ac.kr

Study on MAC Protocols for Efficient Data Processing in VANETs

Chan-Ki Park*, Jun-Su Kim*, Min-Woo Ryu*, Dae-Young Kim*, Si-Ho Cha**, Kuk-Hyun Cho*
*Dept of Computer Science, Kwangwoon University
**Dept of Multimedia Science, Chungwoon University

요 약

차량 통신 네트워크(VANET, Vehicular Ad Hoc Network)는 운전자 안전 정보 및 ITS(Intelligent Transportation System) 서비스를 지원하기 위해 IEEE 1609.4와 IEEE 802.11p를 활용한다. 그러나 차량 노드들의 숫자가 증가할 경우에는 트래픽 경합 문제(Traffic Contention Problem), 숨은 터미널 문제(Hidden Terminal Problem), 전송 지연 문제, 경합으로 인한 패킷 손실 문제, 처리량 감소 문제, MAC의 동적 채널 할당 방법 등 많은 문제점이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 IEEE 1609.4와 IEEE 802.11p 기반 차량 통신 네트워크의 특징을 살펴봄으로써 기존 제안되었던 차량 통신 네트워크를 위한 MAC 및 멀티 채널 기술의 특징의 장단점을 분석한다. 또한 분석된 문제점을 해결하기 위한 연구 방향을 제시한다.

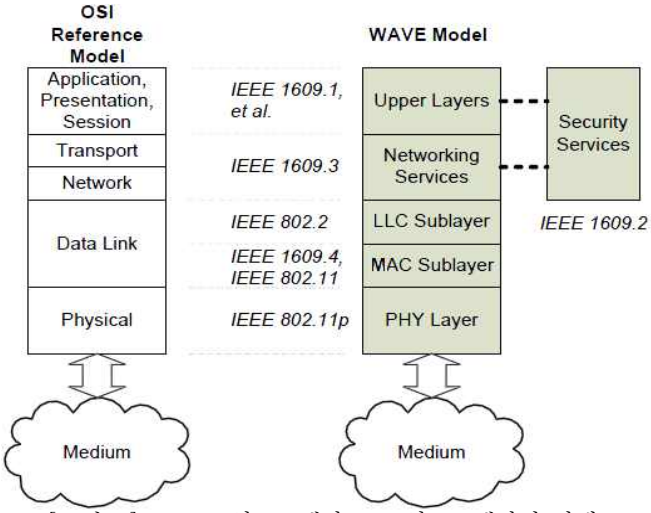
1. 서론

차량 통신 네트워크(VANET, Vehicular Ad Hoc Network)는 기존 MANET(Mobile Ad Hoc Network)의 한 형태로서 고속의 이동 노드에 적용하기 위한 통신 기술이다. 차량 통신 네트워크는 인프라의 도움 없이 차량 노드들로 네트워크를 구성하는 V2V (Vehicle-to-Vehicle)와 차량과 인프라간의 네트워크를 구성하는 V2I (Vehicle-to-Infrastructure)로 나뉘며 운전자의 안전, 차량 충돌 회피, 멀티미디어 서비스 및 ITS (Intelligent Transportation System) 서비스 지원 등 다양한 어플리케이션 서비스를 가능하게 한다. 차량 통신 네트워크는 노드의 이동속도가 매우 빠르고 토폴로지의 변화가 빈번하며, 네트워크 형성 시 주변 노드 밀도에 매우 의존적인 특징을 가지고 있다. 따라서 빠른 데이터 전송과 빈번한 토폴로지 변화에 대처가 가능하게 설계 되어야 한다. 이를 위하여 IEEE 1609 WG (Working Grop)에서는 차량 통신 네트워크의 성능을 향상 시키기 위한 자원관리, 보안, 네트워크 서비스, MAC 프로토콜에서의 멀티 채널 서비스의 4개의 하위 그룹으로 나누고 이를 지원하기 위한 표준을 개발중에 있다 [1]. 또한 미국 연방 통신 위원회에서는 V2V와 V2I의 효율적인 사용을 위하여 5.9GHz DSRC (Dedicated Short Range Communications) 프로토콜을 개발하였으며, IEEE 802.11p에서는 VANET을 위한 OFDM (Orthgonal Frequency Division Multiplexing) 기반의 802.11 표준의 새로운 PHY/MAC을 개발하였다 [2]. IEEE 802.11p에서 개발된 PHY/MAC은 10MHz의 대역폭으로 27MB/s의 데이터 속도와 300-1000m까지의 통신 거리를 제공한다 [3]. 하지만, 차량 통신 네트워크를 위해 개발된 상위의 기술들은 차량 노드들의 숫자가 증가할 경우, 트래픽 경합 문제 (Traffic Contention Problem), 숨은 터미널 문제 (Hidden Terminal Problem), 전송 지연 문제, 경합으로 인한 패킷 손실 문제 [4], 처리량 감소 문제, MAC의 동적 채널 할당 방법 [5] 등 많은 문제점을 야기한다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위하여 다양한 연구가 이루어 지고 있으며, 본 논문에서는 이러한 연구들을 기반으로 차량 통신 네트워크의 성능을 개선할 수 있는 기술에 대하여 조사한다. 본 논문의 구성은 다음

과 같다. 2장에서는 차량 통신 네트워크를 위한 표준 기술 및 멀티 채널의 특징에 대하여 기술하고 3장에서는 기존 제안 되었던 차량 통신 네트워크를 위한 기술 및 멀티 채널의 특징에 대하여 기술한다. 마지막으로 4장에서는 결론과 향후 연구 과제를 제시한다.

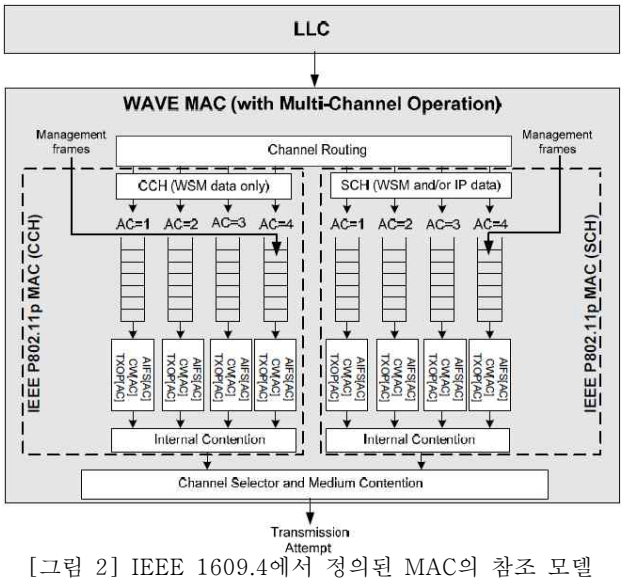
2. 차량 통신 네트워크의 특징

WAVE (Wireless Access in Vehicular Environments)는 기존의 무선 랜 표준인 802.11에서 차량 통신 환경을 고려하여 PHY와 MAC계층을 규정한 802.11p와 상위 계층을 규정한 IEEE 1609를 포함한다. WAVE 모델과 OSI 참조 모델과의 관계와 해당하는 표준 문서는 그림 1과 같다.



[그림 1] WAVE 참조모델과 OSI 참조모델과의 관계

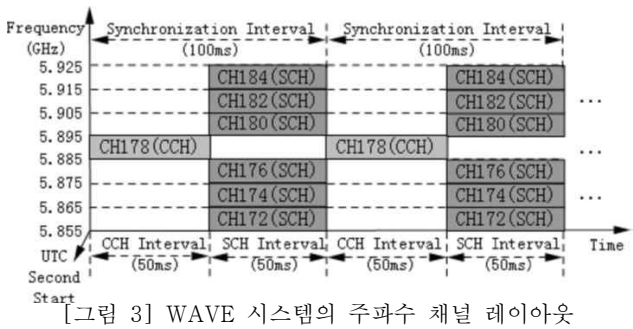
PHY 계층의 IEEE 802.11p는 IEEE 802.11에서 차량 통신을 위해 추가/변경 사항을 기술하고 MAC 계층은 IEEE 802.11p와 IEEE 1609.4를 따르며 IEEE 1609.4는 멀티 채널 조정에 대해 기술하고 IEEE 1609.2는 보안 측면을 고려한 보안 서비스를 제공하며 IEEE 1609.3은 네트워크 계층과 전송계층 서비스를 한다. 또한, IEEE 1609.1은 상위 계층인 어플리케이션을 정의한다. 그림 2는 채널 조정 기능이 있는 MAC 아키텍처의 Channel Routing, Prioritization, Channel Coordination 기능들을 명시하고 있다. 이 참조 모델은 CCH (Control Channel)와 SCH (Service Channel)로 구성되며, 데이터는 AC (Access Catefory)에 따라서 우선순위가 결정되고, 각각의 우선 순위에 따라서 서로 다른 경쟁과 전송 파라미터가 제공된다. WAVE에서는 정보 교환을 위한 Management Frame과 Data Frame이 있는데 Management Fram은 IEEE 802.11에 의해서 정의된 WAVE Announcement이고 CCH에서만 전송된다. WSM (WAVE Short Message)를 포함한 Data Frame은 CCH와 SCH 모두에서 전송된다. 하지만 IP Data Frame은 오직 SCH에서만 전송된다.



[그림 2] IEEE 1609.4에서 정의된 MAC의 참조 모델

2.1. WAVE 멀티채널의 특징

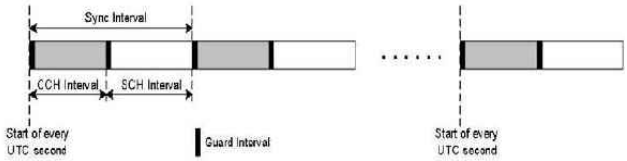
그림 3에서 처럼 WAVE의 통신 대역폭은 5.850-5.925GHz이며 7개의 채널을 가진다. 지원 차량 속도는 최대 200km/h이며 최대 전송범위는 1000m이다. 두 노드간의 거리에 따라 최대 전송 속도가 27-54 Mbps를 가지며 10-20MHz의 채널 대역폭을 가진다.



[그림 3] WAVE 시스템의 주파수 채널 레이아웃

채널 라우팅은 MSDU (MAC Service Data Unit)가 LLC로부터 MAC 계층으로 전달될 때 MAC은 MSDU가 WSM인지 IP Datagram인지를 결정하기 위해 802.2 헤더의 EtherType 필드를 조사한다. 전달된 WSMP (WAVE Shrot Message Protocol) 헤더에 포함된 채널 넘버에 상응하는 적절한 Queue로 패킷을 라우팅 한다. WSMP 헤더에 있는 채널 넘버가 적절한 채널 넘버가 아니면 해당 데이터 패킷은 버려

진다. IP Datagram의 Routing을 할 경우, IP 데이터 교환을 시작하기 전에 송신자 프로파일은 MLME (MAC Sublayer Management Entity)에 등록된다. IP 데이터가 LLC로부터 MAC으로 도착하면 MAC은 패킷을 현재 SCH에 해당하는 데이터 버퍼로 라우팅 한다. 송신자 프로파일에 등록되지 않았거나 전송하는 WAVE Device가 해당하는 WBSS (WAVE Basic Service Set) 멤버가 아니라면 버려진다. 채널 조정은 동기화 절차에 의존하며 CCH을 모니터링하고 SCH에서는 동시에 데이터 교환을 수행할 수 없는 장비들 간에 데이터 교환을 지원하도록 한다. CCH의 모니터링과 SCH에서 데이터 교환을 정확하게 하기위한 채널 조정을 위해 UTC (Coordinated Universal Time)를 참조하여 동기화 구간을 형성한다. 동기화 인터벌 (Synchronization Interval)은 CCH 인터벌과 SCH 인터벌로 구성되며 그림 4와 같다.



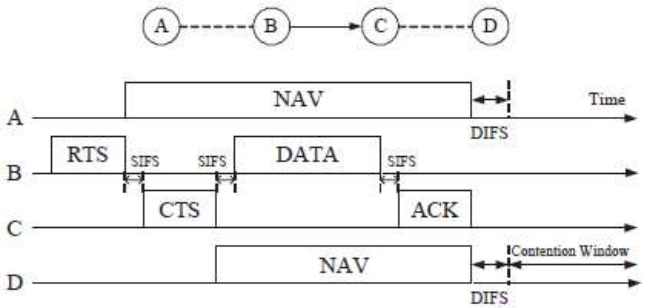
[그림 4] Sync 인터벌의 구성

CCH 인터벌과 SCH 인터벌은 MIB (Management Information Base)에 저장되며 각각의 인터벌 맨 앞에는 서로 다른 장치들 간의 채널 간격 시간 변화와 타이밍 부정확성을 예방하도록 가드 인터벌 (Guard Interval)을 사용한다. IEEE 1609.4에서 사용자 우선순위는 IEEE 1609.3과 IEEE 802.11에서 정의된 것과 같이 8단계의 우선순위를 갖는 여러 가지 Safety와 Non-safety 어플리케이션을 지원한다. UP (User Priority)는 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)를 사용하여 서로 다른 채널 접근 경쟁을 위해 사용된다.

3. 차량 통신 네트워크에서의 멀티 채널 기술

3.1. DSRC MAC protocol

J. So [6]는 멀티 채널을 이용하여 복잡한 차량 환경에서 높은 네트워크 처리량을 향상 시키고 단일 채널 MAC 프로토콜에서 발생하는 다중 채널의 숨겨진 터미널 문제에 대해 시간적 동기화를 사용하여 다중 채널에서 숨겨진 터미널 문제를 해결하기 위해 동적으로 여러 채널을 사용한 ad hoc 네트워크를 위한 DSRC MAC protocol을 제안한다. 그림 5는 DCF (Distributed Coordinate Function)의 동작과정을 보여주며 이는 다른 채널에서 발생하는 안전 통신을 손상시키지 않고, OBU (On Board Units)에서 인프라가 제공하는 비안전 응용 프로그램을 위해 잠재적으로 높은 대역폭을 제공한다. 또한 이들의 아키텍처는 RSU (Road Side Unit)에서 채널 조정 문제를 해결 하려고 하였다. RSU를 사용할 수 없을 때는 기존의 ad hoc 방식을 사용한다.

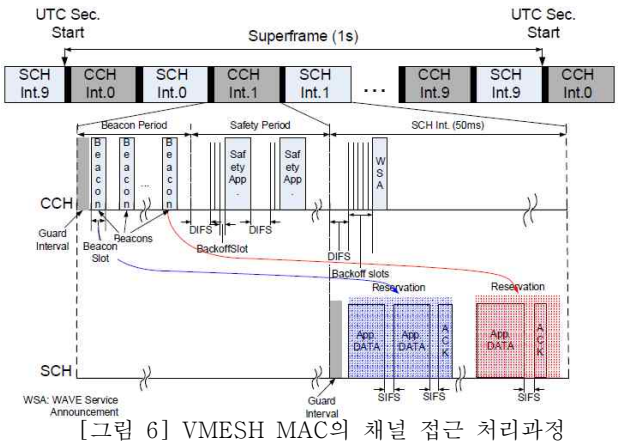


[그림 5] IEEE 802.11 DCF의 동작과정

하지만, 프로토콜은 호스트마다 하나의 트랜시버를 필요로 하기 때문에 각 장치는 MAC 및 네트워크 계층에서 ad hoc 모드와 인프라 스트럭처 모드 모두에서 서로 다른 프로토콜을 갖추고 있어야 한다. 따라서, 장치 구현의 복잡성이 크게 증가하게 되는 단점이 있다.

3.2 VMESH MAC protocol

Y. Zang [7]는 WAVE 시스템의 멀티 채널 아키텍처를 위해 설계되고 주변 인식과 SCH에서 경합이 없는 채널 접속을 통해 더 좋은 비 안전 어플리케이션을 지원하기 위해 VMESH (Vehicular MESH) 네트워크 MAC protocol을 제안한다.

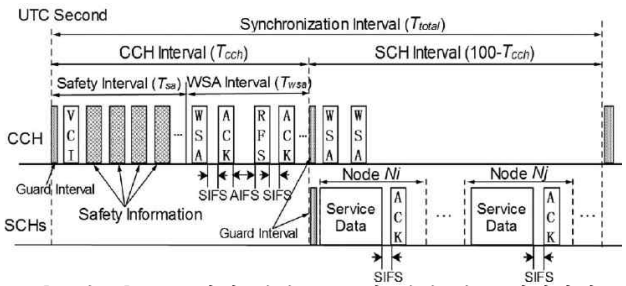


[그림 6] VMESH MAC의 채널 접근 처리과정

그림 6과 같이 CCH을 VANET 전역에 민감한 어플리케이션의 성능을 향상시키기 위해 SCH에서 동적 자원 예약을 위한 신호 전달을 담당하는 BP (Beacon Period)와 독점적으로 채널 접근을 위해 EDCA를 사용하여 안전 어플리케이션을 예약하는 SP (Safety Period)로 나누어 채널 사용률이 향상 하도록 예약 기간의 채널 접근 스키마를 적용하였다. VMESH에 의해 달성되는 처리량은 전형적인 WAVE MAC 스키마와 유사하다.

3.3 VCI 멀티 채널 MAC 스키마

Qing Wang [8]는 VANET을 ITS의 중요한 부분으로 생각하여 안전 운전의 향상을 위한 DSRC MAC protocol을 사용하여 CCH와 SCH을 통해 개방형 공공 도로 안전 서비스를 제공하고 운전의 편안함과 효율성을 향상시킬 수 있도록 그림 7과 같이 CCH와 SCH 사이에서 동적 길이의 비율을 조정할 수 있는 VCI (Variable CCH Interval) 멀티 채널 MAC 스키마와 SCH의 비 경합 접근제공을 위한 멀티 채널 조정 메커니즘을 제안 한다. 이는 SCH의 포화 처리량을 향상하는데 도움을 주며 CCH에서는 중요한 안전 정보의 우선 순위 전송을 유지하면서 서비스 패킷의 전송 지연 시간을 줄여 준다.



[그림 7] VCI 멀티 채널 MAC의 채널 접근 처리과정

예약 기반으로서 동적으로 길이의 비율을 조정할 수 있는 RSU의 범위에서는 포화 처리량이 증가하고 전송 지연 시간을 감소 시켰지만 RSU의 수는 한정 되어 있기 때문에 모든 범위에서 차량에 대한 서비스를 제공하기는 어렵다. 또한, 차량 밀도가 높은 환경에서는 예약을 위한 시간이 늘어나게 되어 CCH 간격이 늘어나게 되므로 SCH 간격은 줄어들게 된다. 줄어든 SCH 간격에서는 패킷이 손실될 수 있다는 단점이 생기게 된다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 차량 통신 네트워크의 성능 개선을 위한 멀티 채널 기술에 대하여 분석하였다. 멀티 채널에서는 동적으로 채널을 할당하거나 채널의 예약을 통해 트래픽 경합을 해결하여 패킷 처리량을 증가시키고 전송 지연을 최소화 시키기 위한 프로토콜들은 많이 제안되고 있으며, 이를 활용하여 데이터 전송 시 주변 노드들과의 경합으로 인한 패킷 손실 문제는 해결할 수 있다. 하지만, 제한된 RSU의 숫자 및 대역폭의 할당, 숨은 터미널 문제들은 여전히 해결되지 않고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 차량 네트워크에서 데이터 전송 시 차량 밀도 및 패킷 가변길이에 따른 대역폭 증가와 데이터 수신시 빠른 처리량을 만족해야 한다. 따라서, 향후 연구에서는 차량 밀도가 높은 환경과 차량 밀도가 낮은 환경에서의 장·단점 모두를 수용할 수 있는 프로토콜과 긴 패킷길이 일때와 적은 패킷길이 일때의 장·단점에 대응할 수 있는 프로토콜이 개발되어야 할 것이다.

참고문헌

[1] “IEEE Stand for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi channel Operation”, IEEE Std. 1609.4, Sep 2010.

[2] “IEEE Stand for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification", IEEE Std. 802.11-2010.

[3] “Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", IEEE Std. P802.11p/D3.0 Jul. 2007.

[4] D. Jiang, V. Taliwal, A. Meier, W. Holfelder and R. Herrtwich, “Design of 5.9 GHz DSRC based vehicular safety communication", IEEE Wireless Commun., vol. 13, pp.36-43 Oct. 2006.

[5] N. Lu, Y. X. Ji, F. Q. Liu, and X. H. Wang, “A dedicated multi-channel MAC protocol design for VANET with adaptive broadcasting", in Proc. WCNC, 2010, pp.1-6

[6] J. So and N. Vaidya, “Multi-channel MAC for ad hoc networks: Handling multi-channel hidden terminals using a single transceiver", in Proc. ACM Int. Symp. Mobile Ad Hoc Netw. Comput., 2004, pp.222-233.

[7] Y. Zang, L. Stibor, B. Walke, H. J. Reumerman, and A. Barroso, “A novel MAC protocol for throughput sensitive applications in vehicular environments", in Proc. IEEE 65th Veh. Technol. conf., 2007, pp.2580-2584.

[8] Q. Wang, S. Leng, H. Fu and Y. Zhang, “An IEEE 802.11p-Based Multichannel MAC Schem e with Channel Coordination for Vehicular Ad Hoc Networks", in Proc. 2011. pp.1-10.