

차량 통신 네트워크에서 End-to-End간의 QoS 보장을 위한 무선 메쉬 네트워크 기반의 라우팅 알고리즘

류민우*, 윤재석*, 이상신*, 원광호*, 조국현**

*전자부품연구원, U-임베디드융합센터

**광운대학교 컴퓨터과학과

*E-mail : {minu, jaeseok, sslee, khwon}@keti.re.kr

**E-mail : chokh@kw.ac.kr

Wireless Mesh Network based on Routing Algorithm for guaranteing QoS between End-to-End in VANET

Min-Woo Ryu*, Jae-seok Yoon*, Sang-Shin Lee*, Kwang-Ho Won*

Kuk-Hyun Cho**

*U-Embedded Convergence Research Center, KETI

*Department of Computer Science, Kwangwoon University

요 약

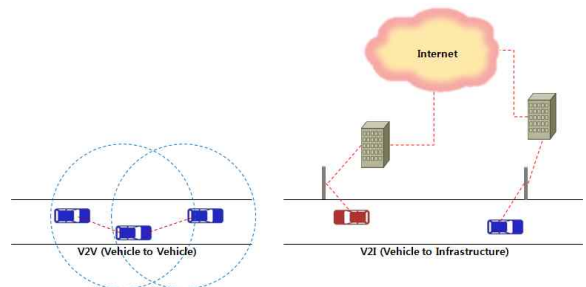
차량 통신 네트워크(VANET, Vehicle Ad hoc Network)는 ITS(Intelligent Transport System)의 발전과 함께 운전자의 안전 및 교통 정보, 긴급 메시지 등과 같은 서비스를 실시간으로 가능하게 할 수 있는 차세대 네트워크 기술이다. 이러한 차량 통신 네트워크는 현재 IEEE P1609에서 정의하고 있으며, WAVE(Wireless Access Vehicular Environment)로 알려져 있다. WAVE는 차량에 설치된 OBU(Onboard Unit)와 주변시설에 설치된 RSU(Road Side Unit)을 통하여 통신하며, 차량 간 통신을 지원하는 V2V(Vehicle to Vehicle)와 차량과 주변시설과의 통신을 지원하는 V2I(Vehicle to Infrastructure)로 나뉘어져 있다. 하지만 WAVE에서 정의하고 있는 네트워크 서비스(IEEE P1609.4)는 OBU와 RSU 간의 네트워크 서비스에 초점을 맞추고 있기 때문에 전체 네트워크의 QoS를 보장하기에는 미흡한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 차량 통신 네트워크에서 End-to-End 간의 QoS 보장을 위한 무선 메쉬 네트워크 기반의 라우팅 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 무선 메쉬 네트워크 노드의 호스트 라우터 기능을 통하여 차량 노드와 이기종 간의 네트워크 서비스를 가능하게 하며, 무선 메쉬 네트워크의 다중 채널을 이용하여 데이터의 중요도에 따른 차등 서비스를 지원한다. ns-2를 이용한 시뮬레이션 결과 제안하는 알고리즘이 QoS를 보장함으로써 차량 통신 네트워크의 성능을 향상시킬 수 있음을 입증하였다.

1. 서론

차량 통신 네트워크(VANET, Vehicle Ad hoc Network)는 ITS(Intelligent Transport System)의 발전과 함께 운전자의 안전 및 교통 정보, 긴급 메시지 등과 같은 서비스를 실시간으로 가능하게 할 수 있는 차세대 네트워크 기술이다. 이러한 차량 통신 네트워크는 현재 IEEE P1609 [1]에서 정의하고 있으며, WAVE(Wireless Access Vehicular Environment)로 알려져 있다.

WAVE는 차량에 설치된 OBU(On Board Unit)와 주

변시설에 설치된 RSU(Road Side Unit)을 통하여 통신하며, 그림 1과 같이 차량 간 통신을 지원하는 V2V(Vehicle to Vehicle)와 차량과 주변 시설간의 통신을 지원하는 V2I(Vehicle to Infrastructure)로 나뉜다.



[그림 1] V2V와 V2I

본 연구는 국토해양부 전기자동차 교통안전융합체계 기술개발사업의 연구비지원(과제번호 10PTSI-B056303-01)에 의해 수행되었습니다.

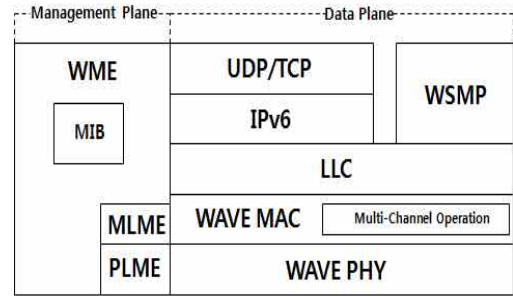
차량 통신 네트워크는 기존 네트워크와는 달리 노드 간의 이동속도가 매우 빠르기 때문에 토폴로지의 변화가 빈번히 나타나며, 링크 단절 및 로컬 맥시멈에 직면하는 문제가 발생한다[2]. 따라서 노드의 이동속도를 지원하고 빠른 메시지가 처리될 수 있도록 설계되어야 한다. 이를 위해 IEEE P1609.4 [3]에서는 네트워크 서비스에 대하여 정의하고 있지만 IEEE P1609.4는 OBU와 RSU 간의 네트워크 서비스에 초점을 맞추고 있기 때문에 전체 네트워크에서 QoS(Quality of Service)를 보장하기에는 아직 미흡한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 차량 통신 네트워크에서 End-to-End 간의 QoS 보장을 위한 무선 메쉬 네트워크 기반의 라우팅 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 메쉬 라우터의 호스트 라우터 기능을 통하여 차량 노드와 이기종 네트워크 간의 서비스를 가능하게 하며, 무선 메쉬 네트워크의 다중 채널 및 다중 인터페이스를 이용하여 차량 노드로부터 목적지 노드까지의 QoS 및 데이터 중요도에 따른 차등 서비스를 지원함으로써 차량 통신 네트워크의 성능을 향상시키는 것이다. 본 논문의 2장에서는 차량 통신 네트워크와 기존 무선 메쉬 네트워크와 관련된 기존 연구들을 살펴보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 무선 메쉬 네트워크 기반의 QoS 보장을 위한 라우팅 알고리즘에 대하여 설명한다. 그리고 4장에서는 제안된 알고리즘의 성능평가를 통해 타당성을 입증하고 5장에서는 결론 및 향후 과제를 기술한다.

2. 관련연구

본 장에서는 WAVE와 무선 메쉬 네트워크 기술에 대하여 설명하고 각 네트워크의 특성을 기술한다.

2.1. WAVE Basic Architecture

WAVE 시스템은 차량 통신 네트워크(VANET, Vehicle Ad hoc Network)를 지원하기 위한 것으로 차량과 차량 간의 통신(V2V, Vehicle to Vehicle)와 차량과 주변 시설 간의 통신(V2I, Vehicle to Infrastructure)로 나뉜다. WAVE는 현재 IEEE P1609.x에서 표준화가 진행되고 있으며, IEEE P1609.3에서는 802.11p를 기반으로 MAC과 멀티 채널에 대한 서비스를 다루고 있다. 또한 IEEE P1609.4에서는 네트워크 서비스에 대한 표준이 제정되었다.



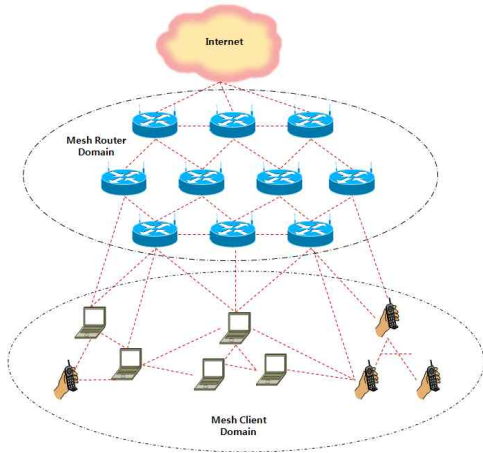
[그림 2] WAVE 프로토콜 스택

WAVE는 차량 단말 장치인 OBU (On Board Unit)과 주변 시설에 설치되는 단말 장치인 RSU(Road Side Unit)을 통하여 통신하며, 차량의 속도를 지원하기 위하여 WSMP(Wave Short Message Protocol)을 사용한다. WAVE의 프로토콜 스택은 그림 2와 같이 Manage Plane와 Data Plane으로 나뉘며, Manage Plane에서는 동기화, 1)을스위칭 등과 같은 통신 명령에 초점을 맞추고 있으며, Data Plane에서는 헤더를 추가하거나 삭제하는 것과 같은 데이터 처리에 초점을 맞추고 있다 [4]. WAVE에서 차량과 주변 시설간의 통신은 WBSS(WAVE Basic Service Set)에서 이루어지며, WBSS는 고유한 아이디를 가진다. 또한 차량노드와 데이터를 빠르게 교환하기 위하여 제한된 시간 안에 데이터 처리를 지원해야 한다.

2.2. 무선 메쉬 네트워크

(WMN, Wireless Mesh Networks)

WMN은 다중 인터페이스와 다중 채널을 지원함으로써 기존 무선 네트워크에서 발생하는 여러 문제점을 해결할 수 있는 핵심적인 네트워크 기술이다. 이러한 WMN은 기존의 애드 혹 네트워크 기술을 바탕으로 하고 있으며, 이동성 및 자원의 제약이 없고 자가 구성 및 자가 치료의 특징 때문에 확장 및 유지보수가 쉽다는 장점이 있다. 또한 메쉬 라우터의 호스트 라우터 기능을 통하여 이기종 간의 네트워크와 통합하여 수용할 수 있다 [5]. 그림 3은 무선 메쉬 네트워크의 구조를 나타낸 것이다.



[그림 3] 무선 메쉬 네트워크의 구조

그림 2와 같이 무선 메쉬 네트워크는 메쉬 라우터 메쉬 클라이언트, 메쉬 게이트 웨어로 구성된다. 또한 WMN에서 주로 사용하는 네트워크 인터페이스 기술로는 IEEE 802.11b/g와 IEEE 802.11a 스펙이 있으며, 각각 2.4GHz의 ISM(Industrial, Scientific, Media) 주파수 대역과 5GHz 주파수 대역에서 3개 및 12개의 비중첩 채널을 지원한다 [6].

3. V2I에서 QoS 보장을 위한 라우팅 알고리즘

본 논문에서 제안하는 V2I에서 End-to-End 간의 QoS 보장을 위한 라우팅 알고리즘은 무선 메쉬 네트워크의 호스트 라우팅 기능을 이용하여 이기종 네트워크와 차량 통신 네트워크의 통신을 지원하고 무선 메쉬 네트워크의 다중 채널 및 다중 인터페이스를 이용하여 차량 노드에서 전송되는 데이터의 중요도에 따라 차등적인 서비스를 지원하는 알고리즘이다. 무선 메쉬 네트워크의 효율적인 사용을 위하여 본 논문에서는 D-Cluster [7]을 사용한다. 차량 노드로부터 전달되는 메시지의 형태를 긴급 메시지와 일반 메시지로 나누고 긴급 메시지는 사고 전과 등과 같은 실시간으로 전달되는 메시지로 정의한다. 따라서 본 논문에서는 긴급 메시지를 전달하기 위한 BBRA(Bare-Bone channel Routing Algorithm)와 OCSA(Optimization channel Selection Algorithm) 알고리즘을 제시한다. 표 1은 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 기술하기 위한 심볼들을 정의한 것이다.

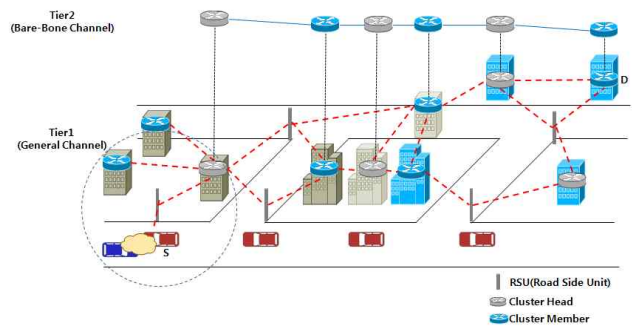
[표 3] 심볼표기

심볼	정의
CH_i	임의의 클러스터 헤드
CM_i	임의의 클러스터 멤버
b_i	메어본 채널
$B(n_i)$	두 개 이상의 클러스터에 속해 있는 임의의 중계노드
$n(H_i)$	CH_i 로부터 CH_j 까지의 홉의 개수
E_{MSG}	긴급메시지
MSG	일반메시지
G_{MSG}	일반메시지
P_i	임의의 경로에 대한 채널 대역폭 정보
$P(H)_i$	임의의 경로의 총 홉의 개수

3.1. BBRA(Bare-Bone channel based Routing Algorithm)

Algorithm

BBRA 알고리즘은 차량 노드로부터 전달되는 긴급 메시지를 처리하기 위하여 메쉬 라우터 간의 메어본 채널을 설정하고 이를 통하여 메시지를 전달하는 라우팅 알고리즘이다. 메어본 채널은 대역폭의 크기가 가장 큰 클러스터 헤드간의 연결된 링크를 나타내며 무선 메쉬 네트워크의 다중 인터페이스를 통한 채널 스위칭을 이용한다.



[그림 4] 메어본 채널의 구성도

예를 들면 그림 4와 같이 차량 노드 S로부터 발생된 긴급 메시지를 D 노드까지 보낸다고 한다면, 노드 S는 자신이 속해있는 WBSS(Wave Basic Service Set)의 RSU에게 메시지를 전달한다. 이후 RSU는 자신이 속해있는 클러스터 헤드에게 긴급 메시지를 전달하게 되고, 클러스터 헤드는 사용 가능한 메어본 채널을 이용하여 D 노드까지 전송하게 된다. 이때 메어본 채널에 속해있는 각각의 클러스터 헤드와 보더 노드는 채널의 중첩을 피하기 위하여 채널을 변경하게 된다. 다음 표 3은 BBRA의 알고리즘을 나타낸 것이다. 1행부터 2행까지는 차량 노드로부터 긴급 메시지를 받은 CM_i 가 자신의 속해 있는 CH_i 에게 긴급 메시지를 보내는 것을 나타낸 것이다. 3행부터 7행까지는 CM_i 로부터 긴급 메시지를 받은 CH_j 가

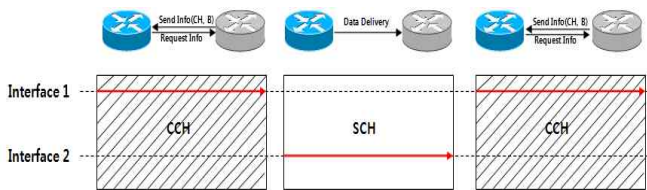
자신에게 속해 있는 $B(n_i)$ 에게 배어본 채널 설정을 위한 채널 정보를 요청하는 것을 나타낸 것이다. 이때 채널의 번호가 같다면 다중 인터페이스를 통하여 채널을 스위칭 하며 채널 스위칭을 한다. 이때 채널 스위칭은 보더 노드와 클러스터 헤드 간의 비콘 메시지를 통하여 이루어지며 그림 5는 채널 스위칭의 동작과정을 나타낸 것이다.

[표 4] BBRA 채널 설정 알고리즘

```

1. if  $CM_i$  send  $E_{MSG}$  to  $CH_i$  then
2.    $CH_i$  request  $b_i$  to  $B(n_i)$ 
3.   if  $CH_i(b_i) = CH_j(b_i)$  and  $n(H_i) > n(H_j)$  then
4.     select  $CH_j$ 
5.     if  $CH_i(b_i) = CH_j(b_i)$  then
6.       change  $CH_j(b_i)$ 
7.     end if
8.   end if
9. end if
    
```

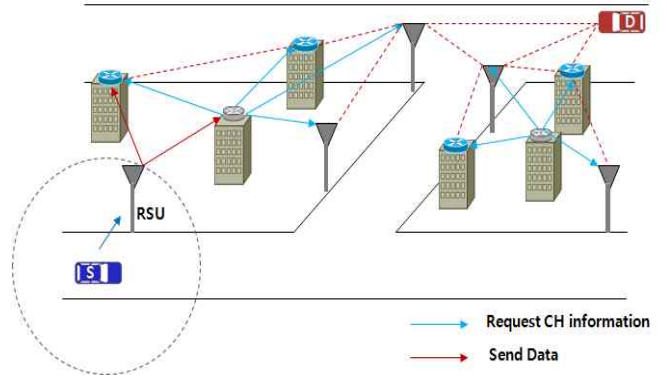
그림 5에서 CCH 구간 동안 보더 노드는 CM_i 와 CH_i 와 연결된 Default 채널을 통하여 비콘 메시지를 주변 클러스터 헤드에게 보내고, 비콘 메시지를 받은 클러스터 헤드는 자신의 채널 정보와 해당 채널의 대역폭 값을 보더 노드에게 전달하게 된다. CCH 구간이 끝나면 보더 노드에서는 자신과 연결된 주변 클러스터의 채널 정보를 통하여 배어본 채널을 구성한다. 이때 중복되는 채널은 기존 CCH 구간에서 얻은 주변 클러스터 헤드의 채널 정보를 통하여 겹치지 않는 채널을 할당한다.



[그림 5] 채널 스위칭 동작과정

3.1. OCSA (Optimization Channel Selection Algorithm)
OCSA는 긴급 메시지가 아닌 차량 노드로부터 전달되는 일반 메시지를 전달하기 위하여 CH 에 속한 CM 의 채널 정보를 통하여 목적지까지 메시지를 빠르게 전달할 수 있는 알고리즘이다.

그림 6에서 차량 노드 S는 목적지 D까지 메시지를 전달하기 위하여 자신이 속해 있는 RSU에게 데이터를 전달한다. 이때 RSU는 목적지까지 메시지 전달을 위하여 자신이 속해 있는 CH 에게 메시지를 전달한다.



[그림 6] OCSA의 동작과정

각 CH 는 최초 클러스터링을 위한 Default 채널을 통하여 자신의 CM 에게 채널 정보를 요청하고 채널이 한 가한 채널을 중심으로 목적지까지의 경로를 설정한다. 만약 두 개 이상의 경로가 설정될 경우, 최단 거리를 기준으로 경로를 설정한다. 표 4는 OCSA의 알고리즘을 나타낸 것이다.

[표 5] OCSA 알고리즘

```

1. if RSU Recive MSG then
2.   RSU send  $CH_i$ , ( $RSU \in CH_i$ )
3.   for  $CH_i$  request  $C_{INFO}$ 
4.     compare( $CM_i(B), CM_j(B)$ )
5.     if  $CM_i(B) = CM_j(B)$  and  $P_i(B) > P_j(B)$  then
6.       select  $CM_i$ 
7.     end if
8.   end if
    
```

표 4의 1행부터 4행까지는 RSU로부터 받은 메시지를 전달하기 위하여 목적지까지의 경로에 속해 있는 모든 노드의 채널 정보를 받아 최적의 채널을 선별하는 것을 나타낸 것이며, 5행부터 7행은 채널의 대역폭이 같을 경우 최소 거리를 기준으로 경로를 선택하는 것을 나타낸다.

4. 성능 평가

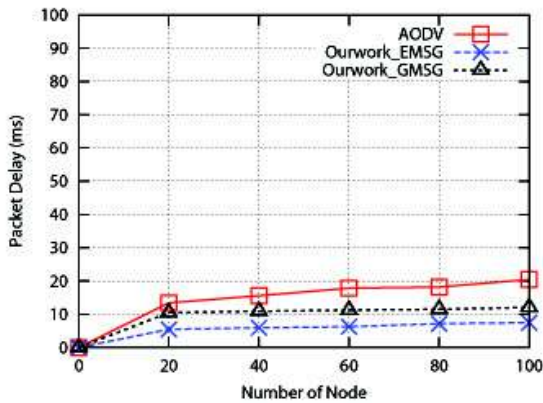
본 장에서는 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 ns-2시뮬레이터를 이용하여 Ad-hoc의 대표적인 라우팅 프로토콜인 AODV와 성능을 평가한다. 시뮬레이션의 특징으로는 노드 개수에 따른 제안하는 알고리즘의 긴급 메시지 처리 지연시간과 일반 메시지 처리 지연시간을 비교하였다. 시뮬레이션 시간은 180초 동안 3번 수행하였

으며 최대값과 최소값을 제외한 평균값을 사용하였다. 표 4는 시뮬레이션의 파라미터를 나타낸 것이다.

[표 6] 시뮬레이션 파라미터 값

파라미터	값
토폴로지 크기	5000 * 5000
노드 수	100개(20개씩 증가)
데이터 크기	1000byte
MAC 프로토콜	802.11
트래픽 타입	CBF(Constant Bit Rate)
전송범위	250m

그림 7은 AODV와 제안하는 알고리즘의 지연시간을 비교한 것이다. AODV는 가장 높은 지연시간을 나타내고 있으며, 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 긴급 메시지는 가장 낮은 지연시간을 나타내고 있다. 이러한 이유는 최대의 대역폭을 사용하는 BBRA 알고리즘으로 인하여 데이터의 지연시간을 최소화할 수 있기 때문이다. 또한 일반 메시지의 경우 최적의 채널을 선택하여 최소흡으로 전달하기 때문에 End-to-End의 처리 지연시간이 기존 AODV보다 낮은 것을 확인할 수 있다.



[그림 7] 노드 개수에 따른 End-to-End 처리 지연시간

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 V2I의 End-to-End 간의 QoS를 보장하기 위하여 무선 메쉬 네트워크 기반의 베어본 채널과 최적화 채널 설정 알고리즘을 통한 라우팅 방법을 제시하였다. 성능 평가 결과 긴급 메시지와 일반 메시지에 따른 QoS를 보장하는 것에 대한 타당성을 입증하였다. 향후과제로는 트래픽에 따른 QoS 보장 방안을 추가하여 V2I의 성능을 향상시키는 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] IEEE P1609.3 SWG, et al. "IEEE P 1609.3 Trial-use Standard for Wireless Access in Vehicular Environment(WAVE) Networkding Services," IEEE P 1609.3 D1.2, June, 2009.
- [2] 류민우, 차시호, 조국현, "이동하는 차량 간 통신의 신뢰성 향상을 위한 개선된 탐욕 메시지 포워딩 프로토콜," 대한전자공학회, 전자공학회논문지-TC, 제 47권 TC편 제 4호, 2010.
- [3] IEEE P 1609.4 SWG, et. al, "1609.4-2010 - IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)--Multi-channel Operation," IEEE P1609.4, 2010
- [4] Yasser L. Morgan "Review Article: Managing DSRC and WAVE Standards Operations in a V2V Scenario," International Journal of Vehicular Technology, Volume 2010, Article ID 797405, 2010.
- [5] P. Gupta and P. R. Kumar, "The Capacity of Wireless Networks", IEEE Transactions on Information Theory, 2000.
- [6] S. A. Makram, M. Gunes, "Distributed Channel Assignment for Multi-Radio Wireless Mesh Networks," IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp.272-277, July 2008.
- [7] A. Amis, R. Prokash, T. Vuong, and D. T. Huynh, "Max-Min D-Cluster Formation in Wireless Ad Hoc Networks", Proceedings of IEEE Infocom, 2000.