

논문 2015-52-4-2

차량 Ad-hoc에서 효율적인 메시지 전달을 위한 지향성 MAC 프로토콜

(An Efficient Directional MAC Protocol for Vehicular Ad-hoc Networks)

지 순 배*, 김 정 현*, 유 철 우**

(Soonbae Ji, Junghyun Kim, and Cheolwoo You[©])

요 약

VANET에서 신속하고 안전한 메시지 전달은 중요한 연구 주제이다. 대부분의 연구가 운전자의 안전성을 높이기 위해 차량 간 주기적인 비콘(Beacon) 브로드캐스트를 가정하고 있다. 본 논문에서는 차량 간 통신에서 이러한 문제점을 해결하고 신뢰성 있는 데이터 전송을 지원하기 위하여 고속으로 이동하는 차량의 주행 환경에 적합한 위치기반 클러스터링을 통한 매체접속 제어 프로토콜을 설계하였다. 클러스터 헤드를 통해 각 노드들의 access를 관리하고 자원을 할당함으로써 기존 싱글 채널을 사용하여 경쟁 기반의 MAC 프로토콜에서 발생하는 패킷 충돌 및 통신 지연을 줄이는 것을 시뮬레이션을 통해 확인 하였다.

Abstract

Quick and safe message transmission is an important research topic of vehicular ad hoc networks (VANET). Most studies assume that the periodic broadcast of beacon-frames between vehicles increases the safety of the driver. In this paper, we propose a medium access control (MAC) protocol and location-based clustering for the VANET to support reliable data transfer. In our proposal, the cluster head (CH) manage the access and allocate the resources of the node. Our proposal uses simulation to confirm the reduction of the transmission delay and the collision rate of the signal.

Keywords: VANET, directional MAC, clustering, V2V, DSRC, 802.11p

I. 서 론

차량 간 통신 시스템(Inter vehicle communication

* 학생회원, ** 정회원, 명지대학교 정보통신공학과
(Department of Information and Communications
Engineering, Myongji University)

© Corresponding Author(E-mail: cwyu@mju.ac.kr)

※ 본 연구는 국방과학연구소 미래 지상체계분석 특화 연구실(UC130068ID)의 지원으로 수행되었습니다. 또한, 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음[14-000-04-001, 초연결 스마트 모바일 서비스를 위한 5G 이동통신 핵심기술 개발].

Received ; January 2, 2015 Revised ; January 30, 2015
Accepted ; March 26, 2015

system, IVC)은 이동 중이거나 정지 중인 차량들 간의 데이터를 송수신하는 무선통신을 말한다^[1]. 무선 통신을 이용하여 차량과 차량 간의 통신(vehicle to vehicle) 또는 차량과 도로 인근에 설치된 기지국(vehicle to infrastructure)을 능동적인 네트워크로 연결하는 기술을 VANET(Vehicular Ad-hoc Network)이라고 한다^[2-3].

현재까지 진행된 IEEE 802.11 distributed coordination function(DCF) 기반의 MAC 프로토콜은 VANET 환경에 적용하기에는 차량의 높은 이동성, 가변적인 차량의 밀도 그리고 작은 도로 폭에서 야기되는 링크의 단절로 인한 빠른 네트워크 토폴로지 변경과 이로 인한 오버헤드의 증가 문제에 적응적으로 대응하지 못하고

있다.

이러한 DCF 기반의 문제를 해결하기 위해 제안된 대표적인 연구는 basic channel이라는 TDMA기반의 MAC 프로토콜을 사용한 Reliable R-ALOHA이다^[4]. 그러나 RR-ALOHA는 channel의 동기화 및 slot 할당의 형평성을 고려하지 않은 문제점이 있다. broadcasting의 효율성을 높이기 위해 다중채널을 통해 전송하는 Multi-Channel TDMA MAC 프로토콜 기법이 연구되었으나, 이 기법은 네트워크에서 수용할 수 있는 node의 수가 제한되는 문제점이 있다^[5].

VANET 연구 중 MAC 프로토콜의 성능을 향상시키는 분야 외에 네트워크의 지속적인 성능 및 신뢰성을 향상시키기 위해 group mobility를 기반으로 하는 클러스터 기반의 멀티채널 MAC 프로토콜이 연구되었다. 대표적으로 cluster head(CH)가 cluster member(CM)에게 TDMA 스케줄을 제공하는 클러스터링 방법이 제안되었다^[6].

마지막으로 방향성 안테나(directional antenna)를 가지고 특정 방향에 대해 송신하는 Directional MAC(DMAC) 프로토콜방식이다. 일반적으로 DMAC은 전송시 간섭을 줄일 수 있으며 채널의 재사용을 높일 수 있다. 지금까지 제안된 대부분의 지향성 MAC 프로토콜에서는 지향성 통신과 무지향성 통신이 결합된 전송 형식을 모두 지원하고 있다. 예를 들어 [7]의 연구에서는 RTS/CTS 제어패킷의 교환을 무지향성 통신으로 수행하고 데이터 패킷과 ACK 패킷의 교환은 지향성 통신으로 수행하는 결합방식을 제안하였다.

본 논문에서는 지향성 안테나를 사용하는 VANET에서 효율적인 broadcasting을 위해 RSU를 활용한 클러스터링 기법과 MAC 프로토콜을 소개한다. 도로상에 일정하게 위치한 RSU를 활용함으로써 CH 선출의 복잡성을 낮출 수 있고, 클러스터를 원활하게 유지하기 위해 CH가 갖는 오버 헤드를 낮출 수 있다. 그리고 지향성 안테나를 활용한 위치기반 TDMA 프로토콜은 신호의 전송 방향을 차량의 흐름에 맞춰 일괄적으로 통제함으로써 메시지 전송 지연 시간을 줄일 뿐만 아니라 간섭의 영향을 줄임으로써 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다. II장에서 일반적인 시스템 모델 및 가정에 대해 기술하며, III장에서는 제안 기법에 대해 설명하고, IV장에서는 제안하는 기법의 유효성을 시뮬레이션을 통해 그 평가한 후, 그 결과를 고찰한다. 마지막 장에서는 본

연구의 결론과 앞으로 과제에 관해서 기술한다.

II. 시스템 모델 및 가정

차량의 이동에 관한 사항은 3가지 주요 항목의 관계로 표현된다. 그 항목은 다음과 같아서 차량 밀집도, 속도 그리고 흐름이다. 여기서 밀집도는 단위영역에 존재하는 차량의 수를 표현하고, 속도는 단위시간당 차량이 움직인 거리를 나타하며, 흐름은 단위 시간당 단위영역을 지나가는 차량의 대수로 측정한다. 이중 VANET 연구에서 차량의 속도와 밀집도의 관계를 중요하게 여긴다. 본 논문에서 도로의 임의 영역에 전체 M 개의 노드가 존재한다고 가정한다. 본 논문에서 차량의 이동 및 신호의 전파에 관련하여 전제된 조건들은 다음과 같다.

- 제한속도가 존재하는 도로에서 이동하는 노드들의 이동 속도는 상한선과 하한선이 존재한다.
- 도로상의 모든 노드들은 안전거리를 유지하며 이동한다. 차량 간 안전거리는 제한속도에 비례하여 설정한다.
- 도로환경은 편도 3차선, 총 길이 20km인 고속도로를 가정한다.
- RSU는 도로상에 동일한 간격을 유지한 채로 일정하게 분포한다.
- 도로 위를 지나가는 모든 node들은 RSU의 위치를 알고 있다.
- 모든 노드들은 동일한 전송거리를 갖고 있으며, 범위 내에서 one-hop 브로드캐스팅으로 정보 전달이 가능하다.
- 모든 노드들은 beacon 메시지를 발생하며, 전체 노드들의 beacon 메시지 발생 분포는 균등한 분포(uniform distribution)를 가정한다.

속도제한이 있는 도로에서 노드의 이동속도 변화는 제한속도의 80~110% 사이로 제안한다. 예를 들어 시속 100km/h의 제한속도를 갖는 도로환경에서 차량은 80~110km/h 사이의 속도 분포를 갖는다고 가정한다. 만약 차량의 이동속도가 80km/h보다 낮아지면 임의로 가속을 하고, 110km/h보다 높아지면 감속을 한다. 안전거리는 노드의 이동속도에 비례해 설정을 하는데, 만약 도로의 제한 속도가 임의의 L m/s라고 가정했을 때, 최소

안전거리는 $(1.5 \times L)m$ 로 하였다. 만약 도로상의 임의의 두 노드간의 거리가 $(1.5 \times L)m$ 이내로 접근하게 되면 후방에 위치한 노드의 이동속도를 임의로 감속을 시킨다. 예를 들어 제한속도가 $80km/h$ 이면 안전거리는 약 $33.3m$ 가된다.

이러한 가정을 통해 hybrid VANET 상에서 네트워크 모델을 구성하면, N_{Set} 으로 통합해서 나타 낼 수 있으며, 그 요소는 아래 식(1)과 같다.

$$N_{Set} = \{N_M, R_t, e, Tr\} \quad (1)$$

여기서 N_M 은 도로상에서 운행 중인 특정 지역 내의 N 개의 노드를, R_t 는 노변기지국을, Tr 은 SINR threshold 그리고 e 는 estimated error of RSSI를 나타낸다.

앞의 식(1)은 CH와 node 그리고 RSU와 node 사이의 연결로 다시 표현할 수 있는데, 여기서 연결의 의미는 단순히 송신 신호의 수신을 의미하는 연결이 아닌 링크 상에서 임의의 QoS(Quality of Service, e.g. BER, FER...) 만족하는 연결 상태를 의미한다. 각 cluster member(CM)의 집합을 C_M 이라고 할 때,

$$C_M = \{c_1, c_2, \dots, c_{n-1}, c_n\}, \forall c_i \in \mathcal{R}^2 \quad (2)$$

여기서 $\{c_i\}$ 는 cluster에 속한 node들의 위치를 \mathcal{R} 은 Euclidean space를 의미한다.

임의의 QoS를 기반으로 CH는 자원을 할당한다. 이를 만족하기 위해 각 Cluster내에 SINR model을 적용하는데 다음과 같다.

$$SINR_{(C_i, C_H)} = \frac{S\rho(C_i, C_H)l(C_i, C_H)}{W + I_i(C_H)} \quad (3)$$

여기서 S 는 수신 신호의 파워를, $\rho(C_i, C_H)$ 는 channel fading, $l(C_i, C_H)$ 는 node와 CH 사이의 path loss, W 는 Gaussian distributed noise 그리고 $I_i(C_H)$ 는 CH가 측정 한 SINR value의 shot noise process를 나타낸다.

식(3)에서 $l(C_i, C_H)$ 와 $I_i(C_H)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$l(C_i, C_H) = r(C_i, C_H)^{-a} \quad (4)$$

$$I_i(C_H) = \sum_{j \neq i} S_j l(C_j, C_H) \quad (5)$$

여기서 $r(C_i, C_H)$ 는 C_i 와 C_H 사이의 Euclidean distance를, a 는 path-loss exponent, $a > 2$ 를, S_j 는 원하지

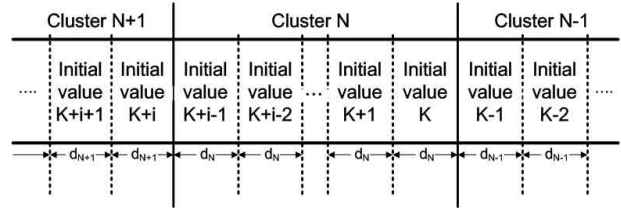


그림 1. 클러스터 기반의 VANET 시스템 모델
Fig. 1. Cluster based VANET system model.

않는 송신 단에서 전송된 신호의 파워를 나타낸다.

앞의 식 (3), (4), (5)를 통해 cluster내의 임의의 멤버와 클러스터 헤드 사이의 SINR을 기반으로 하는 local connectivity function은 cluster내의 link state condition을 나타낼 수 있으며, 다음과 같이 정의한다.

$$\Pr(C_H \rightarrow C_i | I_i(C_H)) = \begin{cases} 1, & \text{if } SINR \geq Tr \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

III. 클러스터 구성 및 DMAC 프로토콜

이 섹션에서는 본 논문에서 제안하는 클러스터링 방식 및 MAC 프로토콜에 대해 설명한다. 서브 섹션 3.1에서 우리는 클러스터링 알고리즘 및 CH 선출 과정에 대해 설명한다. 이 방식은 CH 오버 헤드를 줄이는 것을 목적으로 한다. 우리는 최적의 CH를 결정하기 위해 RSU를 활용함으로써 도로에서 차량의 위치를 알 수 있는 장점을 갖는다. 서브 섹션 3.2에서는 네트워크 확장성 및 숨겨진 단말 문제를 해결하기 위해 DMAC 프로토콜 소개한다. 본 논문에서 우리가 제안하는 DMAC는 클러스터 기반으로 802.11 PCF를 확장하여 폴링 기술을 사용한다. 모든 노드가 채널에 접근하기 위해 local initial value, local-IV를 사용한다. RSU는 도로상의 모든 노드에 local-IV를 할당한다. 그 후 RSU는 CH 후보에게 할당 된 local-IV를 전송한다.

3. 1 클러스터 구성 및 CH 선출

클러스터 구성을 위해 RSU는 cluster의 범위를 정하는데, 본 논문에서는 네트워크상의 임의의 node i 가 node j 와 통신을 할 수 있는 최대의 거리로 정했으며, 일반적으로 CH의 커버리지를 의미한다. CH 선출은 해당 cluster가 RSU의 coverage를 벗어나는 순간 정해진 절차에 의해 진행된다.

RSU는 cluster의 범위를 예측하여 일정하게

```

Initializing (cluster);
Check (the initial value);
If (my initial value = Max value in the cluster) {
  Candidacy for header(){
    Channel idle(Transmit the vote signal:
    [ID, Max power level(dB), travel distance]);
    Wait ACK ();
    If(NAC){
      Wait and retransmit();
      If(NAC), withdraw from the election();
    }
    Else send voted signal (Fix the Cluster ID);
    Assign assist header [node ID]);
    End_vote();
  }
}
Else Wait(){
  Voting signal received(){
    If(SINR>Tr). ACK([node ID, SINR]);
    Else NAC([node ID, SINR])
  }
}
End initializing(Fix the Cluster ID);
Else End initializing(Fix the Cluster ID)
    
```

그림 2. 클러스터링 및 클러스터 헤드 선출 절차
Fig. 2. CH election and clustering process.

Cluster.ID와 local-IV를 임의로 부여한다. local-IV는 서로 인접한 cluster간에 겹치지 않도록 충분한 길이의 값을 설정한다. 예를 들어 그림 1에서 cluster N은 총 i 개의 local-IV를 RSU로부터 할당받았다. 그 때 cluster N의 minimum local-IV가 k라면, maximum local-IV는 k+i-1이다. 마찬가지로 cluster N과 인접한 Cluster N+1이 RSU로부터 총 j개의 local-IV를 할당 받으면, minimum local-IV는 k+i, maximum ilocal-IV는 k+i+j-1이 된다. 인접한 cluster 간에 IV 값의 차이를 두는 이유는 CH 선출과정 동안 인접한 cluster로부터 이동하는 노드가 발생할 수 있기 때문이다. 예를 들어 모든 cluster가 동일하게 m부터 m+i의 local-IV를 갖게 된다면 인접 cluster N-1로부터 m+i의 local-IV를 가진 특정 노드가 cluster N으로 이동할 경우 동일한 m+i local-IV를 가진 노드가 cluster N의 전방과 후방에 동시에 존재하는 상황이 발생한다. 본 논문에서 CH를 선출하는 절차가 local-IV를 통해 진행이 되는데 인접 cluster로부터 이동을 하는 노드가 head 선출과정에 혼선을 야기할 수 있다. 이러한 이유로 RSU는 인접한 cluster 간에 local-IV 값을 충분한 차이를 두고 할당한다.

Clustering과 head 선출 과정은 control channel (CCH) 구간동안 이루어지며 그 진행 절차는 그림 2와

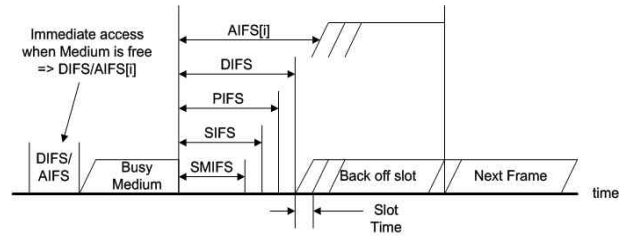


그림 3. 제안하는 VANET 시스템의 슬롯타임
Fig. 3. Proposed slot time for VANET.

같다. clustering 과정에서 max_local-IV를 가진 node중에서 head를 선출하는 이유는 CH를 클러스터 후방에 위치시킴으로써 cluster내에서 신호의 전송방향이 자연스럽게 node의 이동방향과 반대가 되도록 유도하기 위함이다. VANET의 특성상 안전사항과 관련된 긴급 message는 우선적으로 차량의 진행방향과 반대로 전송이 되어야 한다. 도로상에 임의의 지점에 사고가 발생했을 때 사고 사실을 알리는 message는 사고 지점으로부터 후방으로 전송을 했을 때가 전방으로 전송을 했을 때보다 message의 효용성이 높다. 그리고 이러한 message는 빠른 전파를 위해 동시에 다수의 사용자에게 알려야하기 때문에 신호의 전송방식은 broadcasting이나 multicasting으로 이루어질 가능성이 높다. 각 cluster내의 head를 cluster의 후방부에 위치시키면 message의 전송방향이 자연스럽게 차량의 진행방향과 반대되도록 유도가 되고 이를 통해 긴급 message를 전송할 시에 보다 원활하게 신호를 전송하는 효과를 볼 수 있다.

3. 2 Directional MAC

본 논문에서 Medium access 프로토콜은 IEEE 802.11 MAC based coordination function^[8]을 기반으로 directional MAC 프로토콜을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 directional MAC 프로토콜은 CCH에서는 contention free 방식을 그리고 SCH에서는 contention 방식으로 동작한다. DCF와 EDCA는 모두 contention 기반의 시스템이기에 데이터를 송신할 때마다 경쟁 과정을 거쳐서 access가 결정된다면 그 만큼 딜레이가 심해지고 네트워크 효율이 낮아질 수 있다. 이러한 contention에 의한 성능저하를 막기 위해 contention free 기반의 access 방식을 사용할 필요가 있다. 본 논문에서 RSU를 통해 CH를 선출하였다.

그림 3에서 SMIFS는 Safety Message IFS로써

Safety Message를 전송할 때 사용하는 IFS이다. VANET의 차량의 사고나 고장 등과 관련된 정보는 중요도가 높기 때문에 되도록 비경쟁구간에서 신호를 전송하는 것이 차량의 안전운행에 더 큰 도움이 된다. 예를 들어 각각의 node들이 CCH를 사용 중이라고 가정할 때, 기존의 802.11p 기반의 MAC에서는 CF poll에 의해 PCF가 적용되는 동안 poll을 받지 못한 차량이 긴급 메시지를 전송하려면 poll을 받은 모든 node들의 전송이 끝난 후에 경쟁구간에 참여하여 자원을 할당 받아야 비로소 메시지의 전송이 가능하다. 이는 PCF의 contention free 구간동안 poll을 받지 못한 node가 기존의 SIFS 구간에 맞춰 신호를 전송하게 되면 collision이 발생하기 때문이다.

Directional MAC 프로토콜을 적용하는 동안 contention free 구간에서 발생할 수 있는 이러한 Safety Message 전송의 지연문제를 해결하기 위해 SMIFS 구간을 새롭게 설정하였다. SMIFS 구간은 기존의 802.11p Solt Time의 2배로 하였다. 결과적으로 본 연구에서는 message 전송을 위해 CCH를 사용하는 동안에는 SMIFS, SIFS 그리고 PIFS를 사용하고, SCH를 사용하는 동안에는 SMIFS, PIFS 그리고 AIFS[i]를 사용한다.

Clustering 절차가 끝나고 CH가 local-IV를 다시 전송하게 되면, Cluster내의 각 node들은 CH의 CF poll에 맞춰 자신의 정보를 broadcasting하게 된다. CH는 PIFS에서 가장먼저 assist head(AH)로 선택한 node를 호출한다. AH의 전송이 끝나면 cluster내에서 각각의 local-IV 그룹 별로를 임의의 n개의 node들을 PIFS 구간에서 호출한다. 이렇게 node들을 호출하는 이유는 clusater 내에서 신호를 전송하는 동안 신호의 전송유무를 파악하기 쉽기 때문이다.

응답 순서는 CH가 호출시 형평성을 고려하여 매 poll 타임마다 임의로 지정한다. 그림 1의 cluster N을 예들 든다면, AH의 호출이후 local-IV (K)인 node들 중에서 임의의 n개를 local-IV (K+1)인 그룹에서 임의의 m개를 선택하는 식으로 호출하게 된다.

IV. 실험 및 결과

실험에서 본 논문이 제안한 시스템의 신호의 전송 방향은 차량의 진행과 반대되는 한 방향으로만 이루어지

고, 나머지의 경우는 차량의 진행방향과 상관없이 전송을 하도록 하였다. 전체 시뮬레이션은 MATLAB simulator를 통해 진행하였다.

시뮬레이션에서 RSU와 RSU 사이의 거리는 20km로 설정했고, 차량의 이동 속도는 80km/h를 초기 값으로 사용하여 매 1s당 제한속도의 80-110% 사이에서 노드의 속도를 랜덤하게 선택하도록 하였다. 노드의 위치변화는 1ms 단위로 체크하였다. 단 실제 주행환경을 고려하여 노드의 변화가 안전거리를 유지한다는 가정 하에 안전거리 이내가 되면 1s당 선택하는 속도의 분포를 제한속도의 80-90% 사이로 변경했으며, 반대로 두 노드의 거리가 안전거리의 150%이상이 되면 제한속도의 100-110% 사이의 값을 선택하도록 하였다. 물리계층 그리고 MAC 계층에서 사용된 시뮬레이션 파라미터 값은 표 1 과 같다.

시뮬레이션에서 SINR을 만족하는 신호의 도달거리가 300m라고 설정했고, 전송 신호의 존재 유무를 판단하는 유효 sensing 거리를 350m라고 설정하였다. 본 논문에서 제안한 cluster 기법을 제외한 나머지 전송 타입은 one hop 전송을 최대 파워로 신호를 전송한다.

그림 4는 제안한 방식과 일반적인 VANET system의 collision 발생 확률에 관하여 나타낸 결과이다. 그림에서 D-RTS, data, CTS w/ busy ton은 모든 노드가 directional antenna를 사용하고 별도의 channel을 구성하여 busy tone을 전송하는^[9] 경우이고, O-RTS, data & C-CTS는 전송 노드는 omni antenna를 수신 노드는 directional antenna를 사용하는^[10] 경우를 그리고

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters.

Parameter	Value
Rx/Tx Switch Time	10 μ s
Synchronization Interval	100ms
Frame length	10ms
NAV update	100 μ s
Slot time	13 μ s
SMIFS	26 μ s
SIFS	39 μ s
PIFS	52 μ s
DIFS	65 μ s
The min size of the CW	3
The max size of the CW	15

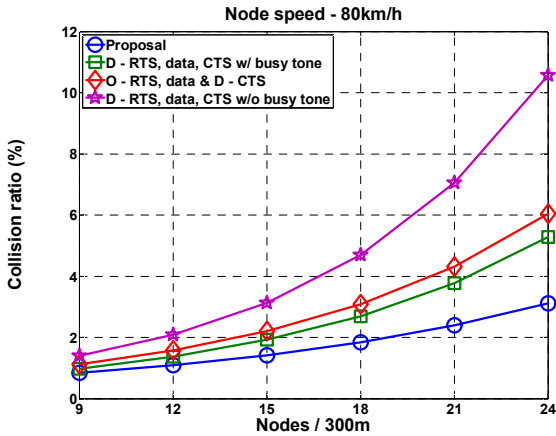


그림 4. Node 수에 따른 신호의 충돌발생률(%), NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB
 Fig. 4. Collision rate of the signals corresponding to the number of Node, NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB.

D-RTS, data, CTS w/busyton은 모든 노드가 directional antenna만을 사용하는 경우이다. NLOS 15%는 도로상에 존재하는 노드 중 15%의 노드가 NLOS 환경에 있다고 가정 하고 path loss 값을 달리하였다. 결과에서 보듯이 802.11 MAC 기반의 시스템에서 directional antenna를 사용하는 경우 omni antenna를 사용하는 경우보다 현저히 collision rate값이 증가하는 것을 알 수 있다.

이러한 성능의 차이를 나타나게 하는 요인은 hidden station problem이나 exposed station problem등 노드의 deafness 문제이다. 일반적인 Ad-hoc 환경이나 VANET의 환경에서는 노드의 deafness 문제를 완벽하게 해결했다는 가정 하에 directional antenna를 사용하는 경우 omni antenna를 사용하는 경우 보다 전송 성공 확률이 높아지는 것을 볼 수 있었다. 이것은 directional antenna를 사용하는 경우 방향성 있는 beam forming을 통해 송, 수신단 쌍들이 서로 다른 각도와 거리에서 통신하기 때문에 omni antenna를 사용하는 경우보다 그만큼 간섭 성분을 줄여 전송 중에 충돌이 발생할 가능성이 줄어든다는 것을 의미한다. 이와 달리 노드의 deafness 문제를 해결하지 않고 directional antenna를 사용하는 경우 omni antenna를 사용하여 얻는 성능보다 매우 열악하게 나타났다. 이유는 송, 수신단 쌍들이 directional antenna를 사용해서 서로 중첩되지 않는 통신 영역을 갖도록 방향을 조정함으로써 공간 사용의 효율성을 높이지 못하기 때문이다. 시뮬레이션

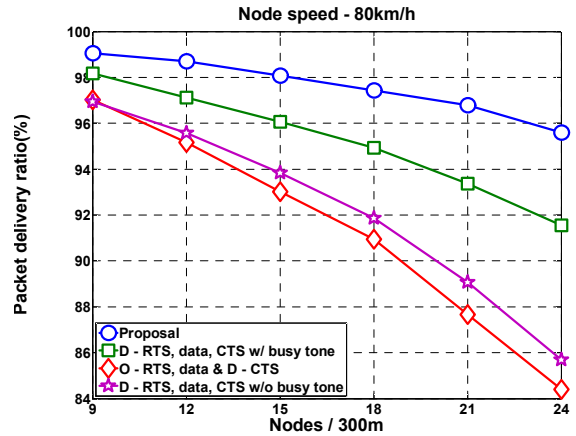


그림 5. Node 수에 따른 신호의 전송에 성공한 패킷의 비율(%), NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB
 Fig. 5. Packet delivery ratio of the signals corresponding to the number of Node, NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB.

결과에서 알 수 있듯이 별도의 채널을 구성하지 않고 directional antenna를 사용하는 노드의 수가 증가할수록 전송을 실패하는 확률이 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 5는 broadcasting delay에 관한 결과이다. 일반적으로 전송하는 신호의 방향이 서로 중첩되면 간섭이 심화될 수 있고, 간섭이 주는 영향으로 SINR이 낮아지는 현상이 많이 발생하여 실제 수신측 처리율은 많이 떨어진다. 결국 신호의 missed sensing rate가 증가함으로써 collision rate가 증가하게 되는데, 이 결과는 재전송의 증가를 초래하여 전송 지연으로 나타난다. 결과에서 보듯이 본 논문에서 제안하는 방식과 별도의 채널을 구성해서 control signal을 전송하는 방식의 경우 노드의 deafness 문제를 해결하고 directional antenna를 사용하기 때문에 송, 수신 단에서 omni antenna를 사용하는 방식보다 전송 시간이 빠르다. 이러한 결과는 기본적으로 다른 노드와 통신 영역이 중첩되는 경우 노드의 전송율은 그렇지 않은 노드에 비해 떨어지기 때문에 일정한 크기의 지역에서 omni antenna를 사용하여 얻을 수 있는 전체 평균 처리율이 directional antenna를 사용하는 경우보다 저하되기 때문이다.

그림 6은 전송에 성공한 패킷의 전송률을 보여준다. 네트워크상의 하나의 노드가 모든 무선자원을 사용하여 신호를 전송하는 경우를 기준으로 각각의 타입 별 전송 방식의 효율성을 비교한 결과이다. 이 결과에 따르면

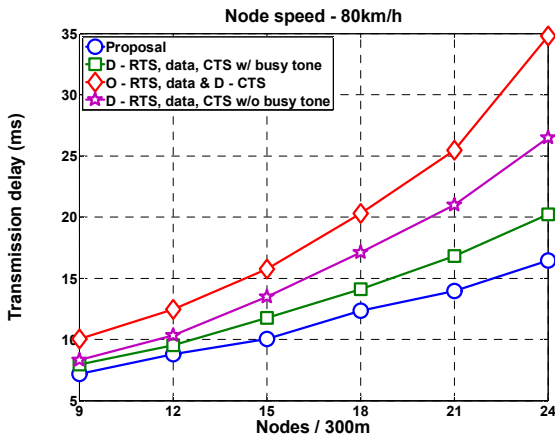


그림 6. Node 수에 따른 신호의 전송지연, NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB

Fig. 6. Transmission delay of the signals corresponding to the number of Node, NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB.

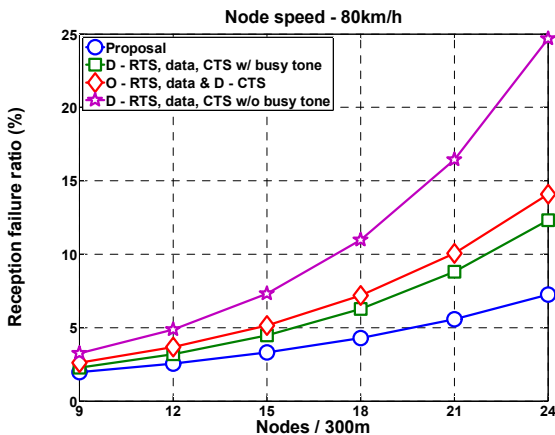


그림 7. Node 수에 따른 CH 컨트롤 신호의 수신 실패율(%), NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB

Fig. 7. Reception failure ratio of the control signals corresponding to the number of Node, NLOS: 15%, SINR Tr: 0dB.

기본적으로 노드의 밀집도가 끼치는 영향이 두드러지게 나타나는 것을 확인할 수 있는데, 이는 802.11의 특성으로 인한 것이라고 할 수 있다. 802.11에서 노드는 실제 데이터를 전송하기 전에 채널의 사용여부를 판단하고 메시지를 보낸다. 만약 collision이 발생하게 되면 back off를 설정하여 재전송을 하게 된다. 노드의 밀집도가 증가하게 되면 이러한 재전송 시간이 빠르게 증가하게 되고 이것이 성능의 차이를 불러오게 되는 것이다.

능동적이고 조직적이지 않은 차량 협력의 경우 보통의 직접 전송보다 성능이 떨어질 수 있다. 언제 차량 협

력이 이득이 되는지 결정하는 기능이 필요해진다. VANET에서 협력적인 차량 그룹화가 이루어질지는 많은 관심을 받고 있으며 아직 많은 연구가 더 필요하다.

그림 7은 cluster head와 member간에 연결성을 시뮬레이션 한 결과이다. 모든 node들이 제한속도 이내에서 이동하는 경우를 가정하였다. 앞에서 설명했던 assist header의 동작여부에 따른 연결성 부분도 함께 확인을 할 수 있다. CH의 control signal 전송주기는 CCH와 SCH가 한번 변환을 갖고 다시 CCH로 전환을 하는 50ms로 하였다. 연결성을 측정하는 기준으로 control signal을 수신하지 못하는 빈도로 하여 결과를 도출하였다. 결과에서 보듯이 제안하는 방식의 경우 CH가 자신을 기준으로 단방향만을 관리하기 때문에 다른 방식에 비해 cluster의 연결성이 높게 나타난다.

IV. 결 론

본 논문에서는 지향성 안테나를 사용하는 VANET 환경에서 효율적인 메시지 전달을 위한 클러스터링(Clustering) 기법과 MAC 프로토콜을 소개했고, Ad-Hoc Mode와 Infrastructure mode를 고려하여 다중차선을 지원하는 직선 고속도로 모형을 기반으로 시뮬레이션을 진행하였다. 간섭의 문제와 신호의 충돌 그리고 전송지연 등에서 기존의 시스템에 비해 일정수준 성능이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 앞으로 VANET 환경에서 효율적인 브로드캐스팅 성능 개선을 위한 MAC 운용 방안을 면밀하게 설계 및 검증하는데 활용될 수 있다. 추후 실제 차량 환경을 반영하는 차량 속도, 운전자의 공격성과 같이 변화하는 시스템 고려 요소들이 포함된 정확한 이동성 모델을 고려한 VANET용 통신 규약과 시스템 설계가 필요하다.

REFERENCES

- [1] United States Department of Transportation, "Intelligent transportation systems," [Online]. Available: <http://www.its.dot.gov/index.htm>
- [2] J. Zhu and S. Roy, "Mac for dedicated short range communications in intelligent transport system," IEEE Communications Magazine, pp.60-67, 2003.
- [3] H. Hartenstein and K. Laberteaux, "A tutorial

- survey on vehicular ad-hoc networks,” Communications Magazine, IEEE, vol. 46, no. 6, pp. 164-171, June, 2008.
- [4] Flaminio B., Antonio C., Matteo C., & Luigi F. “RR-ALOHA, a Reliable R-ALOHA broadcast channel for ad-hoc inter-vehicle communication networks.” In Proceedings of Med-Hoc-Net, 2002.
- [5] Hassan A. O., Weihua Z., & Li L., “VeMAC: A TDMA-based MAC protocol for reliable broadcast in VANETs.” IEEE Transactions on Mobile Computing, vol. 12(9), 1724-1736, , 2013.
- [6] Yvonne G., Bernhard W., & Hans P. G. “Cluster-based medium access scheme for VANETs.” In Proceedings of IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Seattle, WA, USA, 343-348, 2007.
- [7] Sipuri, A., Ye, S., You, J., & Hiromoto, R. E. “A MAC Protocol for Mobile Ad Hoc Networks using Directional Antennas.” IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Chicago, USA, 1214-1219, DOI: 10.1109/WCNC.2000.904804, 2000.
- [8] IEEE P802.11p/D3.0. (2007). Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical layer(PHY) Specification: Amendment: Wireless Access in Vehicular Environment (WAVE), Draft 3.0.
- [9] Somprakash B., Siuli R., & Tetsuro U. Enhancing the Performance of Ad Hoc Wireless Networks with Smart Antennas. New York, Auerbach Publications. 2006.
- [10] Korakis, T., Jakllari, G., & Tassiulas, L. “A MAC protocol for full exploitation of directional antennas in ad-hoc wireless networks.” In Proceedings of the ACM international symposium on Mobile ad-hoc networking & computing, 2003.

 저 자 소 개



지 순 배(학생회원)
 2009년 명지대학교 통신공학과
 학사 졸업
 2011년 명지대학교 통신공학과
 석사 졸업
 2011년~현재 명지대학교 정보통신공학과 박사 과정

<주관심분야 : 이동통신, 3GPP LTE, Ad-hoc>



김 정 현(학생회원)
 2011년 명지대학교 정보통신공학과 학사 졸업
 2013년 명지대학교 정보통신공학과 석사 졸업
 2013년~현재 명지대학교 정보통신공학과 박사 과정

<주관심분야 : MIMO, 협력통신, 다이버시티>



유 철 우(정회원)
 1993년 연세대학교 전자공학과 학사 졸업
 1995년 연세대학교 전자공학과 석사 졸업
 1999년 연세대학교 전자공학과 박사 졸업

1999년~2003년 LG전자 책임 연구원.
 2003년~2004년 EoNex 책임 연구원.
 2004년~2006년 삼성전자 책임 연구원.
 2006년~명지대학교 정보통신공학과 교수.
 <주관심분야 : 5G mobile communications system, IoT, M2M, new multiple access schemes, multiple antenna transmission, advanced FEC>