

# 차량간 무선 멀티홉 브로드캐스팅에서 긴급메시지 전송을 위한 효과적인 중계노드 선정 기법

김현숙

대구대학교 교양대학 교양학부  
imissu5081@hotmail.com

## An Efficient Relay Node Selection Scheme for V2V Wireless Multi-hop Broadcasting

Hyunsook Kim

School of General Education, Daegu University, Korea

### 요 약

VANET(Vehicular Ad hoc NETwork)에서 차량간(V2V) 무선 통신을 통해 긴급 메시지를 빠르고 정확하게 전송하기 위하여 거리와 밀도를 기반으로 최적의 전송 대기시간을 계산하고, 이를 기반으로 중계노드를 선정하여 전송지연을 줄이는 멀티홉 브로드캐스트 기법을 제안한다. 제안한 기법을 통하여 밀도가 낮은 환경에서도 전송 지연 없이 전체 네트워크에 전송할 수 있다.

### 1. 서 론

VANET(Vehicular Ad hoc Networks)은 다수의 차량들이 무선통신을 이용하여 차량과 차량(V2V) 또는 차량과 도로 상의 기지국간(V2I)의 네트워크를 자율적으로 형성하는 차세대 네트워크 기술이다[1]. VANET은 차량을 통한 무선 전파를 통해 차량 및 운전자의 안전과 교통 흐름 개선을 위한 정보를 전송하는 지능형 교통 시스템(Intelligent Transportation System)의 핵심 기술 중 하나이다. VANET의 차량간(V2V) 통신에서 위험을 알리는 경고를 발생한 차량으로부터 일정 지역 내에 있는 모든 차량들에게 긴급 경고 메시지를 전송하기 위한 가장 단순한 무선 통신방법은 차량이 이동 노드 역할을 하게 되는 애드혹(Ad Hoc) 멀티홉 브로드캐스트이다. IEEE에서는 이러한 차량 통신을 지원하기 위하여 무선랜 표준을 기반으로 한 IEEE802.11p WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)를 표준화하고 있다 [2].

멀티홉 브로드캐스트를 위해 긴급 메시지를 수신한 모든 노드들이 동시에 재전송을 시도할 경우 중복 메시지 발생 및 충돌로 인한 전송 지연과 네트워크 과부하 등의 문제를 일으킨다. 이를 해결하기 위해서는 중계 노드를 선정하여 재전송 노드의 수 및 전송 지연을 줄이는 측면에서 효과적인 멀티홉 브로드캐스팅이 필요하다.

VANET의 브로드캐스트 기법에는 플래딩 기반 테이블 기반, 거리 기반 그리고 클러스터 기반들이 있다. 그 중에서 테이블 기반 브로드캐스트 기법은 이웃 노드와 제어메시지 교환이 필요 없고 모든 노드들이 동등한 권한을 가지고 릴레이 노드 선출에 참여하여 메시지 전달 대기시간이 가장 먼저 만료된 노드가 릴레이 노드로 선정되는 방식이다. 거리 기반 중계노드 선정을 통한 브로드

캐스트 기법은 전파를 위한 추가적인 오버헤드가 필요 없고 네트워크 토폴로지 변화에 크게 영향을 받지 않기 때문에 다른 기법에 비하여 낮은 네트워크 부하와 짧은 메시지 전파 지연시간을 갖는 장점이 있으며 대표적인 프로토콜은 DDT(Distance Defer Transmission)가 [3]. DDT에서 각 노드는 메시지를 발생한 노드로부터 거리에 반비례하는 시간을 전송 대기시간으로 설정하고 가장 짧은 전송 대기시간을 갖는 노드가 중계노드로 선택되게 함으로써 전송 노드의 수를 줄이고자 하였다. 전송 대기 시간은 경쟁 방식을 통해 중계노드를 선정하는데 있어서 노드 간 전송 시도 시 발생하는 충돌 회피 및 경쟁을 줄이기 위해서이다.

그림 1과 같이 도로의 차량들은 다양한 밀도로 구성될 수 있으며, VANET은 빈번한 밀도 변화가 일어나는 특성을 지녔다.

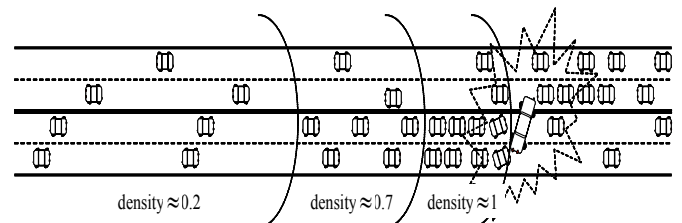


그림 1 다양한 밀도의 도로

따라서, 네트워크 밀도에 따라 다양한 문제점이 존재한다. DDT와 같이 거리 기반 VANET 프로토콜은 밀도가 낮은 상황에서는 지연 시간 증가로 인한 성능저하 문제가 발생한다. 메시지를 전송하기 위해서 스스로부터 거리에 반비례하는 확실적 대기 시간을 가지므로 스스로부터 가장 멀리 있는 노드가 가장 짧은 대기 시간을 갖게 된다. 거리에 반비례하는 확실적인 대기 시간은 밀도가

낮아질수록 재전송하는 노드가 메시지 전송 전에 가지는 전송 지연 시간이 증가한다 즉, 밀도가 낮기 때문에 송신노드로부터 거리는 가깝지만 전송 반경 내에서 가장 가장자리에 있는 노드는 주어진 대기 시간 만큼 기다려야 하므로 전체 전송시간의 낭비가 발생한다 반대로 밀도가 높을수록 경쟁이 높아져서 전송률이 저하되므로 재전송 대기 시간을 길게 하여 충돌을 방지하여야 한다 즉, 밀도가 낮을 경우 대기 시간을 짧게하여 전송 지연 시간을 줄여야 한다.

그러므로 다양한 토폴로지 양상을 보이는 VANET에서 멀티홉 브로드캐스팅을 하기 위해서는 반드시 거리와 밀도를 동시에 고려한 동적인 중계노드 선정 방법이 필요하다.

본 논문에서는 중복 메시지와 전송지연 시간을 줄이기 위한 거리와 밀도 기반 멀티홉 브로드캐스트 기법 제안한다. 제안한 기법을 통하여 선정된 중계 노드는 긴급 메시지를 빠르고 정확하게 단절 없이 전체 네트워크에 전송할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다 2장에서는 관련연구 및 거리기반 선택적 브로드캐스팅 기법의 문제점을 살펴보고, 3장에서는 제안하는 거리와 밀도기반 멀티홉 브로드캐스트 기법을 설명한다 4장에서는 본 논문에서 제안하는 기법의 성능 분석을 위한 모의 실험환경 및 결과를 분석하고 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

VANET에서 중계노드를 이용하여 브로드캐스팅하는 기법중 거리를 기반으로 메시지를 받은 차량들 중 경쟁에서 이긴 차량이 메시지 재전송을 위한 중계 차량으로 선정되는 거리 기반 멀티홉 브로드캐스트 방식이 있다 이러한 거리기반의 선택적 재전송 방식에는 SNB(Stem and Branch) [4], DDT(Distance Defer Transmission)[5], LCN(Least Common Neighbor) [6]등의 대표적 프로토콜이 있다.

DDT 프로토콜은 대표적 거리 기반의 선택적 재전송 방식이다. 소스로부터 전송된 메시지를 수신한 노드들이 각자 거리에 반비례하는 지연시간만큼 기다렸다가 경쟁 방식을 통해 메시지를 재전송 할 중계노드가 선택되는 거리기반 선택적 재전송 기법이다 DDT 기법에 따르면 무선 전송 범위내의 노드 중 소스 노드로부터 가장 멀리 있는 노드가 가장 짧은 대기 시간을 가지게 되고 반대로 소스 노드와 가장 가까운 노드가 가장 긴 대기시간을 가진다.

DDT 프로토콜의 장점은 부가적인 정보를 필요로 하지 않고 노드가 스스로 대기 시간을 결정하기 때문에 네트워크 부하가 낮고 소스 노드로부터 가장 먼 노드가 중계노드로 선정되므로 빠른 메시지 전송을 할 수 있다 그러나 DDT 프로토콜은 차량의 밀도가 낮아질 때 대기 시간이 증가하는 문제점이 있다 즉, 그림 2과 같이 노드의 밀도가 낮아지면 무선 전송 범위 내 노드 중에서 가장 가장자리에 있지만 거리가 가까울 경우 불필요한 대기 시간을 갖게 된다.

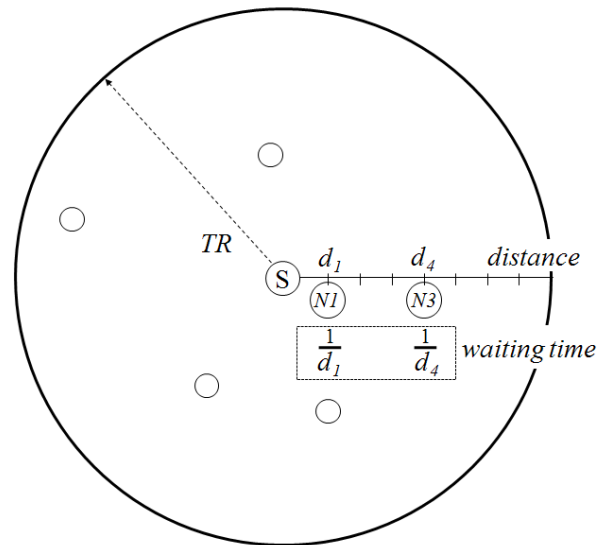


그림 2 DDT의 대기 시간

예를 들면, 그림 2와 같이 밀도가 낮은 네트워크 환경에서, 노드 N3는 소스 S의 반경(TR) 내에 있는 노드 중 가장자리에 위치한 노드이지만 소스노드로부터 거리가 가장 멀지 않은 위치에 있을 경우가 발생한다 이때, 가장자리 노드 N3는 전송지연을 줄이기 위해 수신된 긴급메시지를 대기 시간 없이 재전송 하여야 하지만 DDT에 따르면 거리의 반비례 시간만큼 불필요하게 대기하여야 한다. 즉, 전체 네트워크에서는 각 소스노드로부터 반경내 중계노드와의 거리( $D_{RS}$ )에 반비례하는 값의 합계 시간

$$\sum_{i=0}^N (WT_{max}/D_{RS})$$

만큼 전송지연이 발생하게 된다

따라서 밀도가 낮아지더라도 반경 내 가장자리 노드가 중계노드가 되도록 대기시간이 가장 짧도록 하여야 한다.

## 3. 제안

선택적 거리 기반 재전송 방식으로 멀티홉 브로드캐스팅 하기 위해서는 중계노드 선정이 가장 중요하다 어떤 노드가 메시지를 재전송 하게 되느냐에 따라 긴급 메시지 전송 지연 시간이 달라진다

본 논문에서는 밀도와 거리를 기반으로 대기 시간을 계산하여, 소스 노드로부터 거리와 관계없이 가장 자리노드는 가장 짧은 대기 시간 갖도록 하여 자동으로 중계노드로 선정되도록 하는 기법을 제안한다

### 3.1 대기시간

WAVE에서 정의하고 있는 MAC 프로토콜은 기존의 무선 랜 표준인 CSMA기반의 MAC 프로토콜을 정의하고 있다 CSMA 무선 채널 접근 방법에서 패킷을 전송하고자 하는 각각의 노드들은 임의의 시간 동안 패킷 전송을 지연시키기 위해 랜덤  $cw$ (contention window) ( $CW \in 0 \sim CW_{min}$ )을 선택하여 랜덤 백오프(backoff)하여 패킷 충돌을 회피한다. 각 노드들은 백오프 과정이 끝나면 패킷 전송을 시도하고 최소의  $cw$ 를 선택한 노드

가 채널을 점유하여 패킷을 전송하게 된다[7].  
본 논문에서는 밀도와 거리를 기반으로 계산된 값을  $cw$ 로 설정하고, 각 노드는  $cw$  만큼 대기 한 후 전송을 시도하게 된다. 대기 시간은 아래의 식과 같이 구할 수 있다.

$$WT = \frac{R_{Density}}{D_{SN}} \times WT_{max} \quad (1)$$

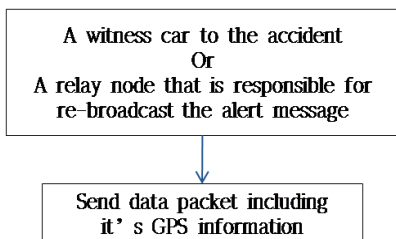
$$*R_{Density} = \frac{Density\_Current}{Density\_Fullconnectivity}$$

식 1에서  $D_{SN}$ 은 소스노드로부터 각 노드까지의 거리를 의미하며, 대기시간( $WT$ )는 네트워크의 완전한 연결도를 보장하는 밀도( $Density\_Fullconnectivity$ )에 대한 현재 밀도( $Density\_current$ )에의 비로 계산된 값에 허용된 최대 대기시간( $WT_{max}$ )을 산정한 값으로 계산된다 제안한 식에 따르면, 밀도에 관계없이 가장자리 노드의 대기 시간은 최소 대기시간의 근사 값을 구할 수 있다 각 노드는 재전송 전에 식으로부터 계산된 대기 시간을 갖고 경쟁하며 가장 짧은 대기 시간을 갖는 노드가 자동으로 재전송의 책임이 있는 브로드캐스팅 중계노드로 선정된다. 현재 밀도의 비를 구하기 위하여 식에서 사용된  $Density\_Fullconnectivity$ 는 전체네트워크의 모든 노드로 데이터 패킷 전송이 가능한 네트워크 밀도이다

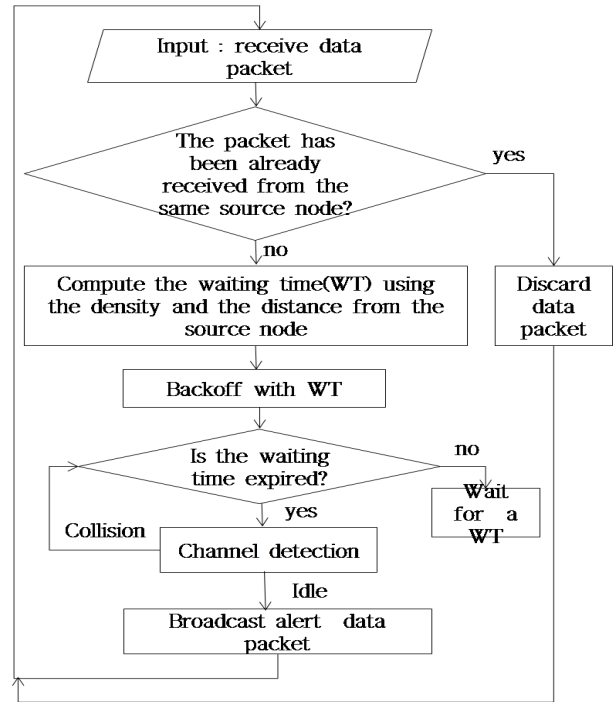
무선 네트워크에서 분포된 노드의 위치에 관계없이 신뢰성 있는 데이터를 전송하기 위해서는 필요한 밀도를 연구한 많은 문헌들이 있다 Kleinrock and Silvester [8]의 연구에 의하면 무선 네트워크에서 노드의 실제 위치와 관계없이 이웃노드가 6일 때 연결확률이 1이 됨을 보였다. 본 연구에서는 노드의 위치와 관계없이 모든 노드들 간의 연결성을 충분히 보장할 수 있도록 네트워크 연결 보장 밀도를 10으로 가정하였다.

### 3.2. 중계노드 선정

본 실험에서는 모든 노드들은 GPS를 통해 위치 정보를 알 수 있다고 가정한다 사고 지역에 가장 인접한 차량 노드는 자신의 위치를 비롯하여 긴급 데이터 패킷을 환경내 노드로 전송하게 된다 소스 노드로부터 긴급 메시지를 수신한 각 노드는 위의 식을 이용하여 계산된 대기시간을  $cw$ 로 설정하여 백오프 한다 가장 짧은 대기 시간을 가진 노드가 자동으로 중계노드의 역할을 하게 된다. 그림 3은 본 논문에서 제안한 중계 노드 선정기법에 대한 상세한 절차를 설명한다



(a) 소스 노드에서의 동작



(b) Operation at each node

그림 3 각 노드에서의 동작 과정

## 4. 성능평가

본 논문에서는 제안한 중계노드 선정 기법의 성능을 평가하기 위해 밀도에 따른 대기 시간에 대한 항목을 DDT와 비교 실험을 수행하였다 본 실험을 위한 시뮬레이터는 C++언어를 기반으로 설계되었다

표 1. 실험환경

Parameter	Value
도로 환경	10,000*200(m)
차량 밀도 ( $Density\_Current$ )	3, 5, 7, ... 16
전송 반경( $TR$ )	100m (Default)
최대 대기 시간( $WT_{max}$ )	100

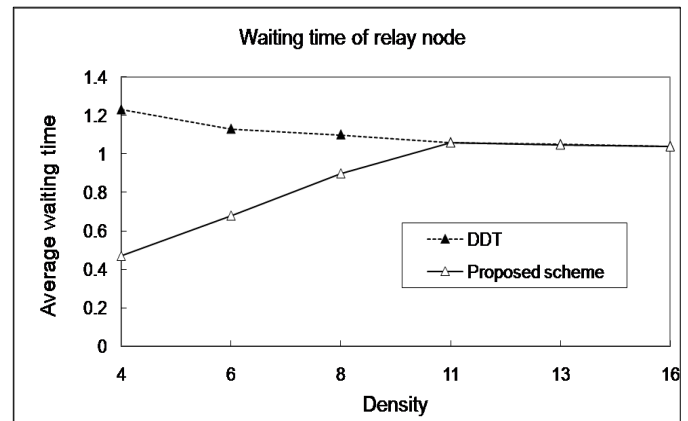


그림 4 중계노드의 대기 시간

그림 4는 수신된 긴급 메시지의 재전송 역할을 하는 중계노드의 대기 시간에 대해 기존의 DDT와 비교한 결과이다. 결과에서 보는바와 같이 밀도가 낮은 경우에서 제안한 방법은 불필요한 대기시간이 낮음을 볼 수 있다. 밀도가 낮은 경우에 DDT에서는 소스 노드로부터 가장 멀리 있음에도 불구하고 중계노드가 대기하는 시간은 길다. 따라서 제안한 기법은 밀도가 낮은 경우에 불필요한 대기 시간을 줄일 수 있으며 전체적으로 네트워크의 전송 지연을 줄일 수 있다

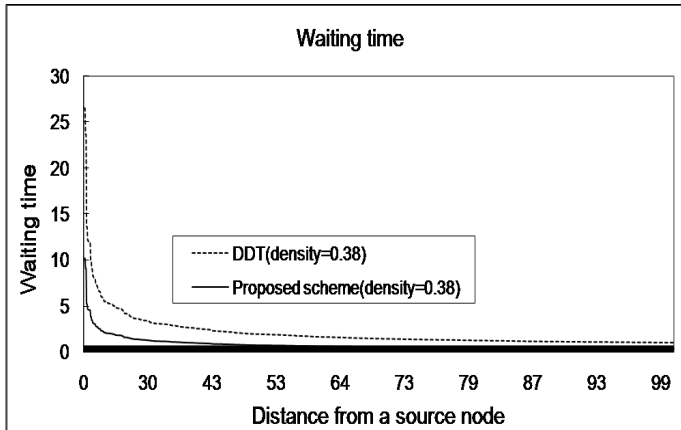


그림 5 소스노드로부터 거리에 따른 대기시간

그림 5는 소스노드에서 반경 내 노드까지 거리에 따른 대기 시간의 결과이다 낮은 밀도에서는 소스의 반경에서 가장자리보다 소스 쪽으로 가까운 노드가 중계노드로 선정될 확률이 높다. 그러므로 상대적으로 낮은 밀도에서는 반경 내 가장자리 보다 다소 소스쪽에 가까운 노드의 대기시간이 가장 짧아야 한다 그림 5의 결과에서 보는 바와 같이 밀도가 낮은(0.38) 경우에 제안한 기법을 통한 중계노드의 대기시간이 DDT보다 짧음을 알 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 VANET의 차량간 긴급 메시지를 전송할 책임이 있는 중계노드 선정 기법을 제안한다 이를 위해 기존의 거리 기반 연구에서 문제점을 해결하기 위하여 거리와 밀도를 동시에 고려한 대기 시간을 결정하고 가장 짧은 대기 시간을 갖는 노드가 자동으로 중계노드가 되도록 한다. 실험을 통하여 제안한 기법이 밀도가 낮은 경우에서도 불필요한 대기 시간을 줄일 수 있었다

### 참고문헌

1) 강문수, "V2I, V2V 차량 통신을 위한 MAC 기술"

2) 정성대, 이승진, 이상선, "차량 환경에서 통신 효율 향상을 위한 클러스터링 기반의 멀티채널 매체접속 제어 프로토콜 개발" 한국통신학회 논문지, Vol. 34, No. 5, 2009.

3) 김태환, 홍원기, 김희철, "차량 애드혹 네트워크에서 경쟁윈도우를 이용한 메시지 브로드캐스트 기법, 정보과학회 논문지, 제34권, 제6호, pp. 423-434, 2007.

4) S. D. Yu, and G. W. Cho, "An Effective Message Flooding Method for Vehicle Safety Communication," *Proc. Ubiquitous Intelligent and Computing, LNCS 4159*, pp. 219-228, Sep. 2006.

5) M. Sun, et al., "GPS-Based Message Broadcast for Adaptive Inter-Vehicle Communications," *Proc.the 52th IEEE Vehicular Technology Conference*, Rhodes, Greece, pp. 2685-2692, Sep. 2000.

6) S. D. Yu and G. W. Cho, "A selective Flooding Method of Propagating Emergency Messages in Vehicle Safety Communications," *IEEE International Conference on Hybrid Information Technology*, pp. 556-561, 2006,

7) G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE802.11 Distributed Coordination Function," *IEEE Journal on Communication*, Vol. 18, No. 3, 2000.

8) L. Kleinrock and J. Silvester, "Optimum transmission radii for packet radio networks or why six is a magic number," *Pro.NationalTelecommunicationsConference*, pp.4.3.1-4.3.5. 1978.