

차량간 긴급 메시지 브로드캐스팅을 위한 릴레이 노드 선정 알고리즘

김태환^o 김희철 홍원기
 대구대학교 정보통신공학과
 {thkim76^o, hckim, wkhong}@daegu.ac.kr

A Relay Node Selection Algorithm for Inter-Vehicle Emergency Message Broadcasting

Tae-Hwan Kim^o Hie-Cheol Kim Won-Kee Hong

Department of Information and Communication Engineering, Daegu University, Korea

요 약

차량간 무선통신을 이용한 긴급메시지 전파는 도로 주행 중에 발생할 수 있는 도로의 결빙, 낙석, 공사, 안개, 급커브 등의 위험 상황을 사전에 신속히 위험 지역의 차량들에게 알려 위험 상황 대처 능력을 크게 개선 할 수 있다. 그러나 차량간 통신은 일반적인 무선통신과 달리 노드의 고속 이동성, 노드 밀도, 네트워크 토폴로지의 빈번한 변화와 같은 차량 환경 고유의 특징을 가진다. 본 논문에서는 차량간 긴급메시지를 신속하게 전달하기 위한 시간예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘을 제안하였다. 실험결과, 제안한 알고리즘이 거리 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘에 비해 네트워크 부하와 전달 지연시간에서 25% 성능 향상을 보였으며, 낮은 노드 밀도에서는 더욱 우수한 성능을 보였다.

1. 서 론

차량간 통신(Inter-Vehicles Communication, IVC)의 궁극적 목적은 차량과 운전자의 안전성 개선이라 할 수 있다. 이를 위해서는 신속하고 정확하게 도로의 위험 상황을 위험지역 내에 있는 다른 차량에 알려 사전에 위험에 대처할 수 있도록 해야 한다^[1-2]. 일반적으로, 다수의 차량에게 긴급경고메시지(Emergency Warning Message, EWM)를 전파할 수 있는 방식으로 브로드캐스트 방식이 많이 사용된다. 브로드캐스트는 송신 노드가 통신 범위 내의 모든 노드에게 동시에 패킷을 전달하는 방법이다. 대표적인 브로드캐스트 방식인 플러딩(Flooding)은 EWM을 전파하기 위해 모든 노드들이 송신노드와 수신노드의 역할을 한다^[3]. 이 방식은 매우 간단하기 하지만, 모든 노드가 패킷전송에 참여하기 때문에 대역폭 낭비와 전송 지연시간 증가로 인하여 급격한 성능 저하를 가져온다.

본 논문에서는 EWM 메시지를 후방 차량(이하 본 논문에서는 차량을 간단히 노드라 칭한다)들에게 신속하게 전달하기 위한 시간 예약 기반 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 EWM을 전달하는 릴레이 노드의 메시지 전달 대기 시간을 줄이기 위하여 최대 전달 대기시간보다 짧은 대기 시간을 거리에 따라 임의로 선택한다. 또한, 각 릴레이 노드 후보는 보다 최적의 위치에 있는 노드가 릴레이 노드 선정 될 수 있게 하기 위해 메시지 전달 대기 시간의 일부를 예약한다. 실험결과 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘은 네트워크 부하와 전달 지연 시간의 성능비가 거리 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘에 비해 약 25% 향상된 성능을 보였으며, 노드 밀도가 낮은 네트워크 환경에서는 더욱 높은 성능을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 차량간 통신을 위한 브로드캐스팅 프로토콜의 관련 연구들을 소개한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 제안한 알고리즘

의 성능 평가를 수행하고 분석 결과를 설명한다. 마지막으로, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

차량간 통신에서 메시지 브로드캐스팅을 위해 기존에 제안된 프로토콜을 그림 1과 같이 분류해 볼 수 있다. 브로드캐스팅 프로토콜은 EWM 전달 시 노드의 역할과 릴레이 노드의 선정 방식에 따라 플러딩, 거리 기반 브로드캐스트, 테이블 기반 브로드캐스트, 그리고 클러스터 기반 브로드캐스트 방식으로 나눌 수 있다. 이들 대부분은 차량에 장착된 GPS를 통해 위치 정보를 획득한다.

플러딩 기반 브로드캐스팅은 EWM 전달에 참여하는 노드의 EWM 전달 횟수를 제한하여 네트워크 부하를 줄이는 방법을 제안하였으나, 플러딩의 특성으로 인한 네트워크 부하와 전송지연 등의 오버헤드는 크게 개선하지 못하였다. 플러딩 기반 브로드캐스트에는 I-IBA^[3], DOLPHIN^[4] 등이 있다.

거리 기반 브로드캐스트 프로토콜은 네트워크 부하와 전송지연 등을 줄이기 위해 통신 영역 내의 EWM 수신 노드 중 오직 하나의 노드만이 EWM을 전달하는 방법이다. 이때, 릴레이 노드의 선정은 메시지 송신 노드로부터의 거리를 기반으로 한다. 즉, 노드마다 EWM 브로드캐스팅을 위해 기다리는 대기시간을 거리에 따라 다르게 하여 메시지 송신 노드로부터 가장 멀리 떨어진 가장자리 노드가 먼저 EWM을 전달할 수 있도록 한다. 거리 기반 브로드캐스트 프로토콜은 노드의 밀도가 높은 경우 EWM 전송에 필요한 대역폭과 전송 지연 시간이 낮기 때문에 이동환경에 적합하며, 빈번한 네트워크 토폴로지 변화에도 우수한 성능을 보인다. 그러나, 노드의 밀도가 낮은 경우 EWM 전송지연 시간이 길어지게 되어 신속한 EWM 전달이 어려워지게 된다. 거리 기반 브로드캐스트 프로토콜에는

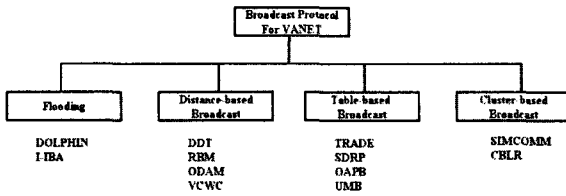


그림 1. 차량간 통신을 위한 브로드캐스팅 프로토콜

DDT^[5], RBM^[6], ODA^[7], VCWC^[8] 등이 있다.

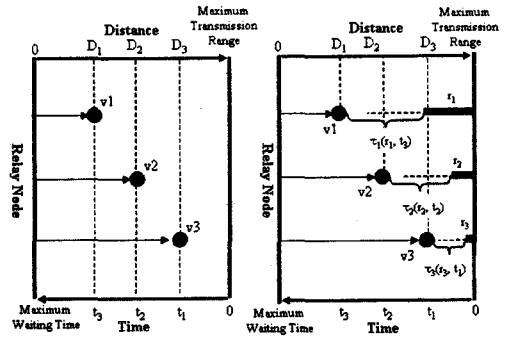
테이블 기반 브로드캐스트 프로토콜은 각 노드가 이웃 노드들의 위치정보 리스트를 유지하고, 릴레이 노드가 다음 EWM 릴레이 노드를 선택하는 방식이다. 각 노드의 이웃 노드 리스트 정보는 주기적 혹은 EWM 발생 시에 이웃 노드와 질의-응답 메커니즘을 사용한 제어 메시지 교환을 통해 유지 된다. 테이블 기반 브로드캐스트 프로토콜은 플러딩 보다 오버헤드, 전송지연 시간 등이 우수하다. 하지만, 노드의 이동성 증가에 따라 네트워크 토폴로지가 빈번히 변화할 경우 네트워크 부하뿐만 아니라 전송지연 시간이 증가하는 단점을 가진다. 이것은 노드의 이동성이 증가 할수록 노드간의 제어 메시지 교환 주기가 짧아 짐에 따라 대역폭 낭비가 심해지기 때문이다. 테이블 기반 브로드캐스트 프로토콜에는 TRADE^[9], SDRP^[10], OAPB^[11], UMB^[12] 등이 있다.

클러스터 기반 브로드캐스트 프로토콜은 도로를 일정한 영역의 클러스터로 구분한다. 그리고, 각 클러스터 내의 노드들 중 클러스터 헤더를 선정하고 헤더를 통해 EWM을 브로드캐스팅 하는 방식이다. 클러스터 기반 브로드캐스트 프로토콜은 네트워크 토폴로지 변화가 작을 때는 비교적 우수한 성능을 보인다. 하지만, 노드의 이동성이 증가 할 경우 네트워크 토폴로지 변화가 빈번해 짐에 따라 클러스터 멤버 재구성과 클러스터 헤더 선정을 위한 제어 메시지가 증가하기 때문에 성능이 급격히 감소되는 단점을 가진다. 클러스터 기반 브로드캐스트 프로토콜에는 SIMCOMM^[13], CBLR^[14] 등이 있다.

3. 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘

2장에서 살펴보았듯이, 플러딩, 테이블 기반 브로드캐스팅 프로토콜, 클러스터 기반 브로드캐스팅 프로토콜은 네트워크 토폴로지와 노드밀도의 변화에 따라 네트워크 부하와 메시지 전달 지연 시간 등의 성능 저하를 가져온다. 한편, 거리 기반 브로드캐스팅 프로토콜은 노드의 밀도가 낮을 경우 효율적인 가장자리 노드 선택이 어렵기 때문에 전송지연 시간의 증가를 가져온다.

본 절에서는 노드 밀도에 상관없이 메시지 전송 지연 시간과 네트워크 부하를 낮출 수 있는 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘을 제안한다. 기존의 거리 기반 브로드캐스팅 프로토콜에서 각 노드의 EWM 전달을 위한 대기 시간은 그림 2 (a)와 같이 송신 노드로부터의 거리에 따라 결정된다. EWM 전송 노드로부터 D1, D2, D3 만큼 떨어진 곳에 각각 v1, v2, v3 노드가 위치해 있을 경우, 각 노드는 EWM 전송 노드의 거리에 반비례



(a) 거리 기반 릴레이 노드 선정 방식 (b) 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 방식

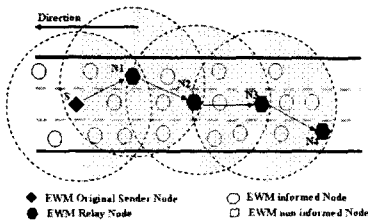
하는 메시지 전달 대기 시간을 갖는다. 즉, EWM 전송 노드로부터 가장 가까이 있는 v1노드가 가장 긴 t3의 대기시간을 가지게 되고, 가장 멀리 있는 v3가 가장 짧은 t1의 대기 시간을 갖는다. 따라서, EWM 전송 노드부터의 거리에 따라 EWM을 전달하기 위한 대기시간 RWT는 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$RWT(d) = RWT_{max} - \left(\frac{d}{R} \cdot RWT_{max} \right) \quad (1)$$

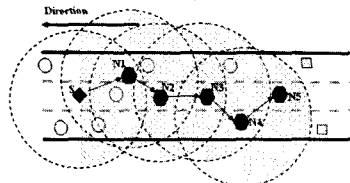
d : EWM 송신 노드로부터 거리
RWTmax : 최대 전달 대기 시간
R : EWM 송신 노드의 전송거리

그러나, 이 방식은 송신 노드부터의 거리에 따라 메시지 전달 대기 시간이 결정되기 때문에 EWM 전송노드의 가장자리에 노드가 위치하지 않을 경우 최적화된 대기 시간을 갖지 못한다는 문제점을 안고 있다.

본 논문에서 제안하는 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘은 통신 영역의 가장 자리에 노드가 위치하지 않더라도 EWM 송신 노드부터의 거리를 기반으로 각 노드가 확률적으로 짧은 전달 대기 시간을 갖도록 한다. 그림 2 (b)와 같이 EWM 전송 노드로부터 D1, D2, D3 거리에 각각 v1, v2, v3의 릴레이 노드 후보가 있을 경우, 각 릴레이 노드 후보가 가질 수 있는 최대 전달 대기시간은 EWM 전송 노드부터의 거리에 반비례하는 시간 t3, t2, t1 이 된다. 그리고 각 후보는 자신보다 더 멀리 있는 후보 노드가 더 짧은 대기시간을 가지고 릴레이 노드로 선정 될 수 있도록 다른 후보 노드를 위한 예약 시간 r1, r2, r3 시간을 갖는다. 따라서, 각 후보 노드는 자신이 가질 수 있는 최대 전달 대기 시간과 최대 예약 시간 내에서 임의의 시간 τ1, τ2, τ3를 선택하여 자신의 메시지 전달 대기 시간으로 사용한다. EWM 전송 노드로부터 멀리 있는 노드일수록 더 짧은 메시지 전달 시간을 가질 확률은 더욱 커지게 되며, 통신 영역의 가장자리에 위치한 노드가 아니라 할지라도 보다 짧은 메시지 전달 시간을 갖게 된다. 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘을 통하여 각 릴레이 노드 후보가 가지는 메시지 전달 대기시간 RWT는 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.



(a) 차량 밀도가 높을 경우



(b) 차량의 밀도가 낮을 경우

그림 3. 차량간 EWM 브로드캐스트

$$RWT(d) = (RWT_{t_r} < RWT < ST_{max}) \quad (2)$$

$$ST_{max} = RWT_{max} - \frac{d}{R} \cdot RWT_{max}$$

- t_r : 릴레이 노드 후보의 예약 시간
- ST_{max} : 릴레이 노드 후보의 최대 메시지 전달 대기 시간
- RWT_{max} : 최대 메시지 전달 대기 시간
- d : EWM 전송 노드로부터 릴레이 노드 후보 까지 거리
- R : EWM 전송 노드의 전송 거리

그림 3은 차량간 EWM 브로드캐스팅 프로토콜에서 릴레이 노드를 통한 EWM 전달 과정을 보여준다. 네트워크 내의 각 노드는 원시 송신 노드(Original Sender Node), 릴레이 노드 (Relay Node), 릴레이 노드 후보 (Relay Node Candidate) 중에서 하나의 역할을 담당 할 수 있다. 그림 3에서, 처음 EWM을 만들어 브로드캐스팅한 S 노드가 원시 전송 노드가 되며, EWM을 다른 노드에게 전달하는 N1, N2, N3, N4, N5 노드가 릴레이 노드가 된다. 그림 3에서 음영 부분은 릴레이 노드의 새로운 브로드캐스팅 영역을 나타내며, 음영부분 영역 내에 위치한 노드는 EWM 전달을 위한 릴레이 노드 후보가 된다. 그림 3 (a)와 같이 차량 밀도가 높을 때는 각 릴레이 노드의 통신 영역 내에 많은 수의 릴레이 노드 후보가 존재하기 때문에 통신영역내의 가장자리에 릴레이 후보 노드가 위치할 확률이 커진다. 따라서, 최적화된 메시지 전달 대기 시간을 가질 수 있기 때문에 EWM 전달 지연시간을 최소화할 수 있다. 그러나, 그림 3 (b)와 같이 도로상에 차량 밀도가 낮을 경우를 생각해 보자. 그림에서 보듯이, N2는 N1의 다음 릴레이 노드가 되고, N3는 N2의 다음 릴레이 노드로 결정 된다. 그러나, 거리 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘에서는 N2와 N3가 실제로 EWM 전송 노드의 통신 영역의 가장자리에 위치하고 있지 않기 때문에 EWM 전달 대기시간은 그만큼 길어지게 된다. 따라서, EWM이 원시 송신 노드로부터 브로드캐스팅 범위 내의 마지막 노드까지 EWM이 전달되는 지연시간은 증가하게 된다. 반면, 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정

알고리즘을 사용한 EWM 브로드캐스팅은 릴레이 노드가 전송 영역의 가장자리에 위치하지 않더라도 자신이 가질 수 있는 최대 전달 대기시간과 최대 예약 시간 사이에서 전달 대기 시간을 갖기 때문에 EWM 전달 지연 시간을 줄일 수 있다.

4. 성능평가

본 절에서는 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘의 노드 밀도 변화에 따른 네트워크 부하와 전달 지연 시간의 변화를 살펴본다. 표 1은 시뮬레이션을 위한 네트워크 환경을 보여준다. 실험에 사용된 모든 노드는 GPS를 통해 자신의 위치를 알 수 있다. 또한, 각 노드는 무선 통신 장치를 가지고 있으며, IEEE 802.11 DCF(Distribution Control Function) MAC을 사용하는 것을 가정하였다.

표 1. 네트워크 환경

Table 1. Network environment

Item	Value
Transmission Range	150m
Packet Length	250 byte
Channel Bandwidth	2M bps
Packet Propagation Delay	0.125 μ S (250 byte)
Computation Time	1ms
RWT_{max}	10ms

표 2는 시뮬레이션을 위한 도로 환경을 나타내었으며, 차량의 차선 변경 및 추월은 고려하지 않았다. 도로 상의 차량 위치는 정규 분포를 갖는다. 실험에서 노드의 밀도는 전송거리가 150m인 노드를 25개씩 500개 까지 증가하여 실험하였다.

표 2. 도로환경

Table 2. Road environment

Item	Value
Length of Road	7 km
Width of Lane	3.6 m
Road Direction	One Way
Lanes	3
Average Speed of Node	100km/h
Traffic Density	13 veh/lane/km
Length of Vehicle	4m
Broadcast Region	5 km

그림 4는 노드의 전송 거리가 150m일 때 노드의 밀도 변화에 따른 EWM 수신율을 보여준다. 수신율은 노드의 밀도가 높고 전송거리가 길수록 더 높은 수신율을 보인다. 실험에서는 프로토콜에 상관없이 거의 동일한 수신율을 보였으며, 수신율이 97% 이상에서는 노드 밀도가 증가하여도 수신율의 증가가 매우 낮았다. 이것은 노드의 밀도와 전송거리가 네트워크 단절의 정도를 결정하기 때문이며, 노드 밀도가 18.33 vehicles/lane/km 이상에서는 네트워크 단절이 거의 발생 하지 않기 때문이다. 표3

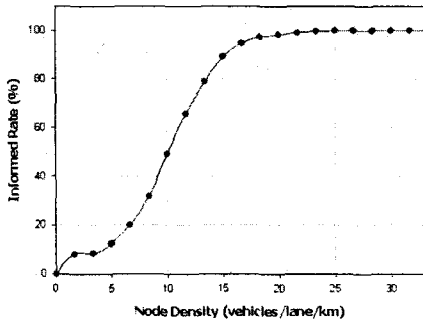


그림 4. 노드 밀도에 따른 수신율 변화

은 EWM 수신율이 97%일 때 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 알고리즘에서 릴레이 노드 후보들의 전달 대기 시간의 시간 예약 비율을 증가 시켰을 경우의 성능을 보여 주고 있다. 시간 예약 비율이 10% 일 때 네트워크 부하 대비 전달 지연 시간이 가장 좋게 나타났다.

표 3 예약시간에 따른 성능비교

Time Reservation Rate (%)	Number of Relay Nodes	Number of Packet	Delivery Delay (ms)	Compound Efficiency
10	37.1	604.77	62.1	0.96
20	36.7	593.77	65.4	0.92
30	36.15	584.84	68.5	0.89
40	35.56	577.25	70.6	0.88
50	35.45	578.07	74.0	0.84

그림 5는 노드 밀도가 증가할 경우 거리 기반 릴레이 노드 선정 방식(Distance-Based Relay node Selection, DBRS)과 시간 예약 기반 릴레이 노드 선정 방식 (Time Reserved Relay node Selection, TRRS)의 최소 릴레이 수에 대한 실험 결과를 보여준다. DBRS와 TRRS 모두 노드 밀도가 증가함에 따라 릴레이 노드 수가 증가하다가 EWM 수신율이 100%에 도달한 이후부터 감소하기 시작한다. 이것은 노드 밀도가 증가함에 따라 전송 영역의 가장 자리에 릴레이 노드가 위치할 확률이 커지기 때문에 보다 작은 수의 릴레이 노드로 EWM을 전달 할 수 있게 되기 때문이다. 실험결과 DBRS가 가장 작은 릴레이 노드 수를 보였으며, 시간 예약율이 0%인 TRRS가 가장 많은 릴레이 노드 수를 보였다. 이것은 릴레이

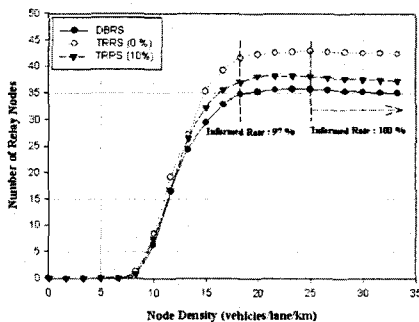


그림 5. 릴레이 노드 수

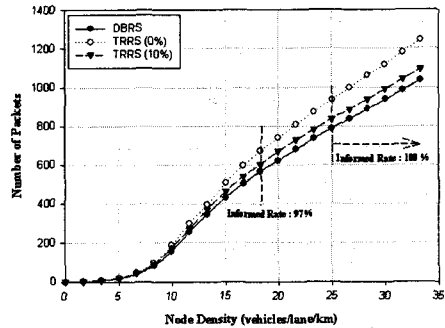


그림 6. 네트워크 부하

노드로부터 더 멀리 있는 릴레이 노드 후보가 있음에도 불구하고 더 가까이 있는 노드가 릴레이 노드로 선정 될 수 있기 때문이다. TRRS의 시간 예약비율이 10%일 경우 0% 일 때 보다 릴레이 수가 13% 줄었으며, DBRS보다 평균 6.3% 많은 릴레이 노드 수를 보였다.

노드 밀도의 변화에 따른 네트워크 부하를 그림 6에 나타내었으며, 네트워크 내의 각 노드의 EWM 수신 횟수의 합으로 계산 하였다. 실험결과 EWM 수신율이 97%일 경우, DBRS와 TRRS의 시간 예약비율이 0%와 10%일 때의 각 노드가 수신한 EWM 패킷 수는 각각 2.06개, 2.44개, 2.20개로 DBRS가 가장 낮았다. 이것은 DBRS가 전송 노드로부터 가장 멀리 있는 노드가 릴레이 노드로 선택되기 때문에 EWM 중복 수신을 최소화 할 수 있기 때문이다. 반면, TRRS의 시간 예약 비율이 0%일 경우 DBRS에 비해 18% 높은 네트워크 부하를 보이는 것은 전송 노드로부터 가까이 있는 노드가 릴레이 노드로 선정될 경우 각 노드의 EWM 중복 수신 횟수가 증가하기 때문이다. 그러나 TRRS의 시간 예약 비율이 10%인 경우 0%에 비하여 네트워크 부하가 11% 줄어 들었다. 이것은 릴레이 노드로부터 더 멀리 있는 릴레이 노드 후보가 다음 릴레이 노드로 선택 될 수 있도록 전달 대기 시간의 10%를 기다리기 때문에 릴레이 노드 수와 EWM 중복 수신 횟수를 줄일 수 있기 때문이다.

그림 7은 노드 밀도의 변화에 따른 EWM의 종단간 전달 지연 시간 (End-to-End Delay)을 나타내었다. 실험결과 TRRS가 가장 짧은 전달 지연시간을 보였으며, DBRS가 가장 긴 전달 지연시간을 보였다. EWM 수신

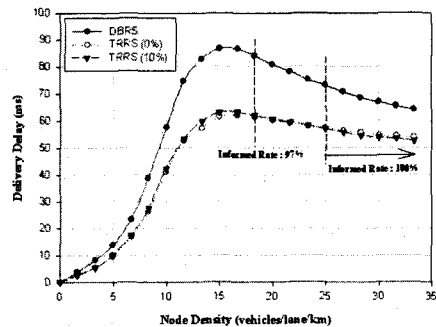


그림 7. 전달 지연 시간

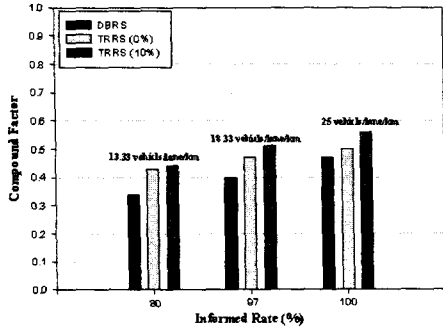


그림 8. 노드 밀도 변화에 따른 성능비

율이 97%일 경우 TRRS의 시간 예약 비율이 10%인 경우 0%일 때 보다 1% 긴 전달 지연시간을 보였다, EWM 수신율이 100% 이후부터는 가장 짧은 전달 시간을 보였다. TRRS의 시간 예약 비율이 10%일 때 DBRS의 전달 지연 시간에 비하여 EWM 수신율이 97%와 100% 일 때 각각 36%, 28% 짧은 전달 지연 시간을 보였다. 이것은 TRRS가 릴레이 노드 후보 중에서 가장 짧은 전달 대기 시간을 가지는 노드가 릴레이 노드로 선택되기 때문이다.

그림 8은 EWM 수신율이 각각 80%, 97%, 100% 일 때 네트워크 부하와 전달지연시간 대한 합성 성능비를 나타내었으며, TRRS(10%)가 가장 좋은 성능을 보였다. 특히, TRRS는 노드 밀도가 낮을수록 더욱 향상된 성능을 보였다. 시간 예약 비율이 10%인 TRRS는 DBRS에 비하여 각각 30%, 27%, 19% 높은 성능을 보였으며, 시간 예약 비율이 0%인 TRRS에 비하여 각각 2%, 9%, 12% 높은 성능을 보였다. 이것은 TRRS(10%)이 DBRS에 비해 평균 6.3% 네트워크 부하가 높은 대신 전달 지연 시간이 평균 30% 감소하였기 때문이다. TRRS(0%)는 DBRS에 비해 짧은 전달 지연시간에도 불구하고 평균 19% 높은 네트워크 부하 때문에 TRRS(10%) 보다는 높은 성능을 보이지는 못하였다.

5. 결론

차량간 통신은 기반시설의 도움 없이 차량 간의 무선 통신을 통해 교통흐름제어와 운전자의 안전 및 편의 등을 크게 개선할 수 있다. 특히, 응급 차량의 긴급 경고 메시지를 이웃 차량에게 신속하고 정확하게 전달함으로써 운전자의 안전을 크게 개선할 수 있다. 그러나, 차량간 통신은 노드의 고속 이동성, 네트워크 토폴로지의 빈번한 변화, 노드 밀도의 급변 등 기존 무선 통신 환경에서 볼 수 없었던 차량 환경만의 고유 특징을 가진다. 이러한 특징들은 기존 무선 통신에 사용되던 네트워크 토폴로지 기반 프로토콜을 그대로 적용하기 어렵게 한다. 따라서, 차량간 무선통신 환경을 고려한 브로드캐스트 프로토콜이 요구된다.

본 논문에서는 시간 예약 기반 릴레이 노드 선택 알고리즘을 사용한 EWM 브로드캐스팅 프로토콜을 제안하였

다. 시간 예약 기반 릴레이 노드 선택 알고리즘은 전송 노드의 통신영역 가장자리에 노드가 위치하지 않더라도 최적의 전달 대기 시간을 갖게 할 수 있다. 뿐만 아니라, 시간 예약을 통해 릴레이 노드로부터 가장 멀리 있는 릴레이 후보 노드가 보다 짧은 전달 대기 시간과 함께 다음 릴레이 노드로 선택되도록 한다. 시간 예약 기반 릴레이 노드 선택 알고리즘은 브로드캐스팅을 위한 제어메시지 교환이 필요 없고, 메시지 중복 수신을 줄여 줄 수 있기 때문에 네트워크 부하를 크게 감소시킬 수 있다.

시뮬레이션 결과, 제안한 알고리즘을 사용한 브로드캐스트 프로토콜이 거리 기반 브로드캐스팅 프로토콜에 비하여 전달 지연시간이 30% 감소하였으며 네트워크 부하와 전달 지연 시간에 대한 합성 성능비가 25% 증가하였다. 특히, 노드 밀도가 낮은 네트워크 환경에서는 더욱 좋은 성능을 보였다.

시간 예약 기반 릴레이 노드 선택 알고리즘은 EWM 전파지연 시간과 네트워크 부하가 낮기 때문에 노드의 이동에 따른 네트워크 토폴로지가 빈번히 변화할 때에도 좋은 성능을 보일 것으로 기대 된다. 특히, 제안한 알고리즘은 차량간 통신에서 유니캐스트를 위한 라우팅 프로토콜의 경로 발견 프로토콜로 사용이 가능하다.

참고문헌

- [1] J.J. Blum, A. Eskandarian, L.J. Hoffman, "Challenges of inter-vehicle ad hoc networks", Intelligent Transportation Systems, IEEE Tran. on Vol. 5, Issue 4, pp. 347-351, Dec. 2004.
- [2] M. Torrent-Moreno, M. Killat, H. Hartenstein, "The challenges of robust inter-vehicle communications", Vehicular Technology Conf. 2005. VTC-2005-Fall. 2005 IEEE 62nd Vol. 1, pp. 319-323, Sept. 2005.
- [3] S. Biswas, R. Tatchikou, F. Dion, "Vehicle - to -vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety", Communications Magazine, IEEE Vol. 44, Issue 1, pp. 74-82, Jan. 2006.
- [4] K. Tokuda, M. Akiyama, H. Fujii, "DOLPHIN for inter-vehicle communications system", Intelligent Vehicles Symposium, 2000. IV 2000. Proceedings of the IEEE, pp. 504-509, Oct. 2000.
- [5] S. Min-Te, F. Wu-Chi, L. Ten-Hwang, K. Yamada, H. Okada, K. Fujimura, "GPS-based message broadcast for adaptive inter-vehicle communications", Vehicular Technology Conference, 2000. IEEE VTS-Fall VTC 2000. 52nd Vol. 6, pp. 2685-2692, Sept. 2000.
- [6] L. Briesemeister, G. Hommel, "Role-based multicast in highly mobile but sparsely connected ad hoc networks", Mobile and Ad Hoc Networking and Computing, 2000. MobiHOC. 2000 First Annual Workshop, pp. 45- 50, Aug. 2000.
- [7] B. Abderrahim, "Optimized Dissemination of Alarm Messages in Vehicular Ad-Hoc Networks (VANET)", High Speed Networks and Multimedia Communications 7th IEEE Int. Conf., HSNMC 2004, LNCS Vol. 3079,

- pp. 655-666, 2004.
- [8] Y. Xue, L. Jie, Z. Feng, V. Nitin, "Vehicle -to-vehicle Communication Protocol for Cooperative Collision Warning", The First Annual Int. Conf. on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous'04), pp. 114-123, Aug. 2004.
 - [9] S. Min-Te, F. Wu-Chi, L. Ten-Hwang, K. Yamada, H. Okada, K. Fujimura, "GPS-Based Message Broadcasting for Inter-vehicle Communication", Parallel Processing, 2000. Int. Conf., pp. 279-286, Aug. 2000.
 - [10] S. Massashi, F. Mayoko, U. Takaaki, H. Teruo, "Inter-Vehicle ad-hoc Communication Protocol for Acquiring Local Traffic Information", The 11th World Congress on ITS, Nov. 2004.
 - [11] H. Alshaer, E. Horlait, "An optimized adaptive broadcast scheme for inter-vehicle communication", Vehicular Technology Conf., VTC 2005-Spring. 2005 IEEE 61st Vol. 5, pp. 2840-2844, May 2005.
 - [12] K. Gokhan, E. Eylem, O. Fusun, O. Umit, "Urban Multi-Hop Broadcast Protocol for Inter-Vehicle Communication Systems", Proceedings of First ACM Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET 2004), pp. 76-85, Oct. 2004.
 - [13] M. Durresi, A. Durresi, L. Barolli, "Sensor inter-vehicle communication for safer highways", Advanced Information Networking and Applications, 2005. AINA 2005. 19th Int. Conf. on Vol. 2, pp. 599-604, Mar. 2005.
 - [14] R.A. Santos, R.M. Edwards, A. Edwards, "Cluster-based location routing algorithm for vehicle to vehicle communication", Radio and Wireless Conference, 2004 IEEE, pp. 39-42, Sept. 2004.