

VANET에서 네트워크 단절을 줄이기 위한 브로드캐스팅 프로토콜에 대한 연구

변정식* 김태환* 홍원기*

*대구대학교 컴퓨터 및 통신공학과

E-mail: *{jsbyun, thkim76, wkhong}@daegu.ac.kr

Study on the broadcasting protocol to reduce network fragmentation for VANET

Jeong-Sik Byeon*, Tea-Hwan Kim*, Won-Kee Hong*

*Dept. of Information and Communication Engineering, Daegu Univ.

E-mail: *{jsbyun, thkim76, wkhong}@daegu.ac.kr

요 약

VANET은 인프라의 도움 없이 차량 간 무선 에드 혹 네트워크를 구축하는 기술이다. VANET은 MANET과는 달리 고속의 이동성, 높은 차량 밀도, 잦은 토폴로지 변화등의 특징으로 인해 잦은 네트워크 단절과 네트워크 부하 증가 등의 문제들을 가진다. 특히 네트워크 단절은 VANET에서 응급메세지 전파 시간 지연 및 네트워크 연결성 저하의 주요 요인이다. 본 논문에서는 이러한 네트워크 단절을 해결하기 위해 적응형 전달노드 검색(ARNS : Adaptive Relay Node Search) 브로드캐스팅 알고리즘을 제안한다. ARNS는 네트워크 단절 발생 시에만 선택적으로 위험지역 외의 영역에서 노드를 재 검색함으로써 낮은 네트워크 부하와 낮은 네트워크 단절율을 가진다. 또한 ARNS는 짧은 전송거리와 낮은 차량밀도에도 네트워크 단절에 강한 특성을 지닌다.

1. 서 론

VANET(Vehicle Ad-hoc Network)은 인프라의 도움 없이 차량 간 통신을 통해 무선 에드혹 네트워크를 구축하는 기술이다. VANET은 현재 미국, 유럽, 일본 등 전 세계의 학계 및 관련 기업을 중심으로 활발한 연구가 진행 중에 있다. 이러한 VANET의 목적은 도로의 상태나 교통상황을 신속한 응급메세지(Emergency Warning Message)의 전파를 통해 주행 중인 운전자에게 미리 알려주는 것이다. 이를 통해 충돌회피, 협업주행, 장애물경고 등 운전자의 안전을 도모하는 기술이 가능하다[1].

VANET은 노드의 이동성과 자가 네트워크 구성 측면에서 MANET과 동일하다. 하지만 근본적으로 MANET과 차이점이 있다. VANET을 구성하는 차량들(이하 노드)은 MANET에 비해 고속의 이동성을 가지며 잦은 노드밀도와 네트워크 토폴로지 변화 등의 특징들을 가진다. 이러한 특징들로 인해 빈번한 네트워크 단절과 메시지 전파 지연 그리고 제한된 대역폭에 의한 메시지 중복의 제한과 짧은 연결 생존시간 등의 문제점을 가진다[2]. 특히 VANET은 높은 노드 밀도에서도 네트워크 단절이 자주 발생한다[3].

이는 노드의 고속 이동성과 차량 간의 상대속도로 인한 잦은 토폴로지 변화에서 발생된다. 네트워크 단절은 노드밀도와 전송거리에 밀접한 관계가있으며 메시지를 전송할 노드의 전송거리 내에 전달받을 노드가 없을 경우 발생된다. 이는 노드밀도가 낮고 전송거리가 짧을 경우 더욱 빈번하게 발생한다. 그리고 노드밀도가 높거나 전송거리가 길 경우 네트워크

단절은 감소하지만 메시지의 수신가능 노드의 수가 많아져 메시지 충돌과 전파지연으로 인해 신속한 메시지 전파가 불가능하다[4].

현재, 이러한 네트워크 단절을 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있으며 이러한 연구들은 응급메세지를 신뢰성 있고 신속하게 전파할 수 있는 브로드캐스팅 프로토콜을 중심으로 연구되고 있다. DSR(Dynamic Source Routing protocol)은 요구기반 브로드캐스팅 프로토콜로써 전송거리 500m, 노드밀도 30(Vehicle/Lane/Km) 에서도 네트워크 단절이 자주 발생하며 응급메세지 수신율은 90%에 그친다[5]. 요구기반 브로드캐스팅의 경우 테이블 유지에 의한 네트워크 부하는 줄일 수 있으나 잦은 토폴로지 변화로 인한 경로 재설정에 따른 오버헤드가 발생한다. 거리 기반 브로드캐스팅 프로토콜인 ODAM(Optimized Dissemination of Alarm Messages in Vehicular Ad-hoc Networks)은 전송거리 400m, 노드밀도 15이상에서 거의 0%에 가까운 네트워크 단절을 나타내며 응급메세지 수신율 또한 100%의 성능을 나타낸다. 하지만 전송거리가 400m이더라도 노드 밀도 9이하에서는 평균 60%의 네트워크 단절 발생율을 나타내었다. 이는 ODAM[2], DDT[6]등의 거리기반 브로드캐스팅 프로토콜들이 노드밀도가 높은 경우에는 네트워크 단절에 강한 특성을 보이지만 노드의 밀도가 낮을 경우 빈번한 네트워크 단절과 이로 인한 네트워크 연결성이 저하됨을 나타낸다. 거리기반 브로드캐스팅 프로토콜은 요구기반 브로드캐스팅 프로토콜에 비해 VANET의 이동성에 강한 특성을 나타

낸다. ODAM은 다음에서 자세히 설명한다. 테이블 기반 브로드캐스팅 프로토콜인 RBM(Role Based Multicast)은 전송거리가 길고 노드밀도가 높은 경우 네트워크 단절이 거의 발생하지 않으며 또한 노드밀도가 낮고 전송거리가 짧은 경우에서도 거리기반 브로드캐스팅 프로토콜에 비해 네트워크 단절에 강한 특성을 나타낸다. 하지만 테이블을 관리함으로써 인해 많은 메시지 교환이 발생하게 되고 이로 인해 거리기반 브로드캐스팅인 ODAM에 비해 동일한 환경에서 전체 메시지 교환회수가 평균 10,000배 이상 많음을 실험을 통해 증명하였다. RBM은 다음에서 자세히 설명한다.

본 논문에서는 높은 노드 밀도에서도 안정적인 브로드캐스팅을 수행하는 ODAM과 네트워크 단절에 강한 특성을 나타내는 RBM(Role-Based Multicast)의 특징 및 장, 단점에 대해 살펴보고 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 소개 하고자 한다. 본 논문에서는 네트워크 단절 발생 시 위험 지역 외의 영역에서 선택적인 노드 재 검색을 통해 네트워크 단절 및 네트워크 부하를 줄일 수 있는 적응형 전달노드 검색(ARNS : Adaptive Relay Node Search)프로토콜을 제안한다. 실험 결과, ARNS은 ODAM에 비해 짧은 전송거리에서(50m) 39.9%의 네트워크 단절 개선을 보였으며 응급메세지 수신율은 41.9%향상 되었다. 그리고 긴 전송거리(400m)에서도 각각 21.2%와 22.3%의 성능 향상을 보인다. 그리고 RBM과 거의 동일한 네트워크 단절 발생율과 응급메세지 수신율을 나타내었으며 메시지 교환회수는 1/10,000배로 줄었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 네트워크 단절을 해결하기 위한 관련 연구들에 대해 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 적응형 전달 노드 검색 브로드캐스팅 프로토콜을 소개한다. 4장에서는 제안하는 프로토콜을 실험 및 검증하고 성능을 평가한다. 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 ODAM

ODAM은 GPS를 이용하여 각 노드의 위치를 알 수 있고 각 노드들은 유일한 ID를 가지고 있다. ODAM은 응급메세지를 전파하기 위해 기본적으로 위치기반과 플러딩 기반의 멀티캐스트 방식을 사용한다. 응급메세지를 전송받은 노드는 즉시 재전송하는 것이 아니라 소스노드와의 거리를 기반으로 거리에 따른 재전송 시간(defer time)을 계산한다. 거리에 따른 재전송 시간은 응급메세지를 전파한 노드와 수신노드의 거리가 멀수록 짧은 값을 가지게 된다. 거리에 따른 재전송 시간이 만료된 노드는 다음 응급메세지 전파를 담당하는 릴레이 노드로 선정된다. 응급메세지를 두번 수신한 노드는 자신보다 소스와의 거리가 먼 수신 노드(거리에 따른 재전송 시간이 짧은 노드)가 있는 것을 인식하고 응급메세지 전파를 포기한다. 이로

인해 노드의 밀도가 높더라도 메시지 중복을 줄일 수 있고 짧은 전파지연 시간에 안정적으로 응급메세지를 전파할 수 있다. 아래 식 1은 ODAM의 거리에 따른 재전송 시간을 구하는 식을 나타낸다. 그리고 ODAM은 위치정보를 이용하여 위험지역을 설정한다. 위험지역은 응급메세지 전파가 유효한 영역을 나타내며 이 영역 외의 노드들은 응급메세지 전파에 관여하지 않는다. 이를 통해 불필요한 메시지 교환을 방지하고 네트워크 부하를 줄인다[2].

$$deferTime(x) = \max_defer_time \frac{(R^c - D_{sx}^c)}{R^c}$$

max_defer_time: 최대 전송 대기 시간
 R^c: 노드의 전송 반경
 D_{sx}^c: 소스노드와의 거리

식 1. ODAM의 거리에 따른 재전송 시간 계산식

ODAM은 노드의 밀도가 높고 전송반경이 긴 경우에는 낮은 네트워크 부하와 높은 응급메세지 전파율을 나타낸다. 하지만 밀도가 낮고 전송반경이 짧은 경우에는 네트워크 단절이 자주 발생하게 되고 네트워크 단절이 발생한 노드 이후로는 응급메세지 전파가 불가능 하며, 이를 극복할 수 있는 방법이 없다. 아래의 그림 1은 ODAM에서 네트워크 단절이 발생하는 상황을 나타낸다.

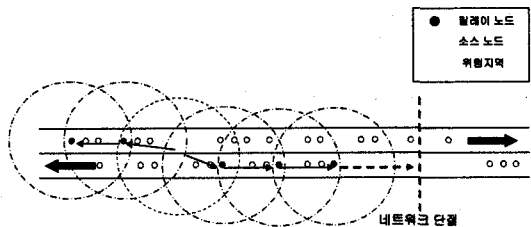


그림 1. ODAM에서의 네트워크 단절 상황

2.2 RBM

RBM 역시 각 노드들은 GPS를 이용하여 자신의 위치를 알 수 있다. RBM은 각 노드의 전송 반경 내의 이웃노드의 수(N)와 응급메세지를 수신한 이웃노드의 수(S)를 알 수 있고 이러한 테이블 생성 및 관리는 데이터 링크 레이어에서 주기적으로 동작한다. RBM은 N과 S의 값으로 주변에 응급메세지를 수신 받지 못한 새로운 노드가 있는지를 알 수 있으며 이때 응급메세지를 전파하게 된다. 각 노드들은 자신의 N과 S의 값을 검사하여 N=S 이면 응급메세지를 수신 받지 못한 노드가 전송반경 내에 진입할 때 까지 기다리게 되고 N≠S이면 응급메세지를 전파한다. 이때 바로 응급메세지를 재전송 하지 않고 ODAM의 거리에 따른 재전송 시간과 같은 재전송 대기시간(Waiting Time)을 계산하고 재전송 대기시간이 만료되면 응

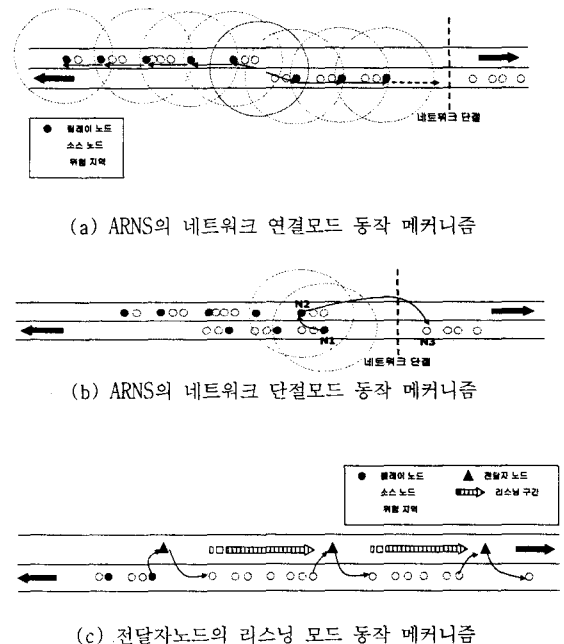
급메세지를 전파한다. 이는 플러딩에서의 스톰 브로드캐스팅 문제(Strom Broadcasting problem)을 피하기 위함이다[8]. RBM에서는 재전송 대기시간이 감소하는 동안에도 N 과 S 의 값은 계속적으로 업데이트 된다. 재전송 대기시간이 만료되기 전에 N 과 S 의 값이 같아지면 응급메세지 전송을 포기한다. RBM은 ODAM과 달리 위험지역을 사용하지 않고 모든 노드들이 응급메세지 전파에 참여하게 된다. 때문에 위험지역과 차량의 이동방향이 반대 방향의 노드들도 응급메세지 전파에 참여하게 된다. 이로 인해 ODAM보다 노드의 밀도가 낮고 전송반경이 짧은 경우에도 네트워크 단절에 강한 특성을 나타낸다[7]. 하지만 데이터 링크 계층에서 각 노드의 이웃노드 정보 테이블을 주기적으로 관리 및 업데이트 함으로 인한 네트워크 부하 증가, 메세지 충돌 및 전송시간 지연은 고려하고 있지 않다. 이러한 특성 때문에 RBM은 제한된 대역폭을 사용하는 IVC에 적용하기에는 부적합하다.

3. 적응형 전달 노드 재검색 프로토콜

ODAM은 노드의 밀도가 높고 전송반경이 긴 경우에는 낮은 네트워크 부하와 높은 응급메세지 전파율을 나타내지만 밀도가 낮고 전송반경이 짧은 경우에는 빈번한 네트워크 단절이 발생한다. RBM은 ODAM에 비해 밀도가 낮고 전송반경이 짧은 경우에도 네트워크 단절에 강하고 높은 응급메세지 전파율을 나타낸다. 하지만 주변노드의 정보테이블 관리 및 업데이트로 인한 오버헤드가 크다. 본 논문에서 제안하는 적응형 전달 노드 재검색(ARNS : Adaptive Relay Node Search)프로토콜은 ODAM과 RBM의 이러한 단점들을 보완하여 VANET환경에 최적화된 응급메세지 브로드캐스팅 프로토콜을 제안한다. ARNS은 크게 두가지 모드로 동작한다. 네트워크 단절이 발생하지 않았을 때의 네트워크 연결모드와 네트워크 단절이 발생했을 때의 네트워크 단절모드이다. 네트워크 연결모드 일때는 ODAM과 같이 소스노드와의 거리를 기반으로 거리에 따른 재전송 시간과 위치정보를 이용하여 응급메세지를 전파한다. 네트워크 연결모드에서는 위험지역 내의 노드만이 응급메세지 전파에 참여한다. 네트워크 연결모드에서 그림 2_(a)와 같이 응급메세지를 전파한 노드가 다음 릴레이 노드가 선정되지 못하여 응급메세지를 재전송 받지 못하면 이를 네트워크 단절이 발생한 것으로 인식하고 네트워크 단절모드로 전환한다. 네트워크 단절모드에서는 RBM처럼 위험지역 외의 노드들까지 응급메세지 전파에 참여하게 된다. 하지만 RBM처럼 이웃노드 정보테이블을 생성하지 않는다. 그림 2_(b)는 ARNS의 네트워크 단절모드의 동작 메커니즘을 나타낸다.

응급메세지전파 과정에서 네트워크 단절이 발생하면 그림 2_(b)의 네트워크 단절이 발생한 노드 N1은 위험지역 외의 영역에 네트워크 단절 발생지역 이후의 노드에게 응급메세지를 전달해줄 전달자노드를 검색

하게 된다. 이는 N1이 단절발생 메세지를 전송함으로써 이루어 진다. 전달자노드는 위험지역 내에서 릴레이노드로 선정된 노드가 선택된다. 이는 단절발생 메세지를 수신한 여러 노드들 중에 대표 노드를 선출하는 과정을 생략하기 위함이다. 시간에 따라 노드들은 이동하게 되고 전달자노드(N2)가 N1의 단절발생 메세지를 수신하게 되면 N1은 더 이상 단절발생 메세지를 전송하지 않고 네트워크 단절이 해결된 것으로 간주 한다. 단절발생 메세지를 수신한 전달자노드는 N1이후에 네트워크 단절이 발생했다는 것을 인지하고 응급메세지를 수신하지 못한 위험지역 내의 새로운 노드가 나타날 때 까지 응급메세지를 전파하며 이동한다. 위험지역 내에 새로운 노드가 전달자노드의 응급메세지를 수신하면 새로운 노드(N3)는 다시 위험지역내의 영역에 네트워크 연결모드로 응급메세지를 전파하게 된다. 이때 전달자노드는 응급메세지 전파를 멈추고 단절발생 메세지를 다시 수신 할 때 까지 리스닝 모드로 전환한다. 단, 위험지역 내에서의 응급메세지 전파 속도는 전달자 노드의 이동 속도보다 빠르다고 가정한다. 전달자 노드는 최초 소스노드로부터 연결생존시간(TTL : Time To Live)까지 리스닝 모드를 유지하며 단절발생 메세지수신 시 위와 같은 동작을 반복한다. 전달자 노드가 응급메세지를 전파하는 구간은 위험지역 내의 네트워크 단절이 발생한 구간이다. 이는 전달자노드가 응급메세지를 전파하는 것이 해당 구간의 네트워크 로드 영향을 미치지 않음을 의미한다. 그림 2_(c)는 전달자노드의 위험구간에서의 리스닝 모드 동작을 나타낸다.



(a) ARNS의 네트워크 연결모드 동작 메커니즘

(b) ARNS의 네트워크 단절모드 동작 메커니즘

(c) 전달자노드의 리스닝 모드 동작 메커니즘

그림 2. ARNS 동작 메커니즘

4. 성능평가

본 논문에서는 ARNS의 네트워크 단절 발생율과 응급메세지 수신율, 네트워크 로드를 ODAM, RBM과 각각 비교하여 실험 하였다. 본 실험을 위한 시뮬레이터는 C언어를 기반으로 설계되었다.

4.1 실험 모델

본 실험에서는 모든 노드들은 GPS를 통해 위치정보를 알 수 있고 유일한 ID를 가진다고 가정한다. 그리고 실험에 사용된 MAC은 2.4Ghz 대역의 IEEE 802.11을 사용하였으며 차량의 추월이나 차선 변경은 없다고 가정한다. 연결생존시간은 최대 홑이 아닌 최대 전파 거리로 결정된다. 최대 전파 거리는 5Km이다. 이는 최대 홑으로 연결생존시간을 결정 할 경우 노드밀도에 따라 연결생존시간의 거리가 변하기 때문이다. 표 1은 실험에 사용된 네트워크 환경과 도로 환경의 패러미터를 나타낸다. 실험 변수는 노드밀도와 전송반경으로 설정하였으며 실험에서 노드밀도(Vehicle/Km/Lane)는 1에서 30까지 변화하며 전송반경(m)은 50에서 500까지 변화시키면서 각 알고리즘의 네트워크 단절 발생율과 응급메세지 수신율, 네트워크 로드를 1,000회 반복 실험하였다.

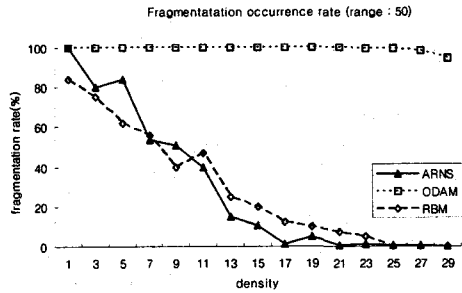
표 1. 실험에 사용된 패러미터

네트워크 환경	대역폭	360 (kbps)
	MAC	IEEE 802.11, 2.4(GHz)
	응급메세지 크기	64 (byte)
전송거리	전송거리	50~500 (m)
	연결 생존 시간	5 (Km)
도로 환경	도로 길이	10 (Km)
	도로 폭	6 (m)
	차선 수	왕복 4차선
	차량 평균 속도	100K (m/h)
	차량 밀도	1~30(V/Km/L)

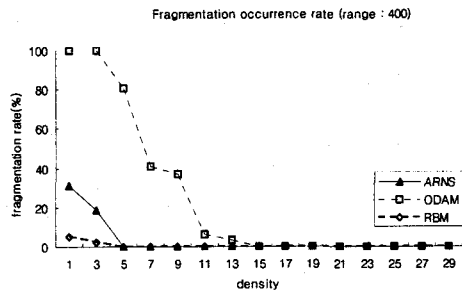
4.2 실험 결과 분석

그림 3은 노드밀도(1~30)에 따른 각 프로토콜의 네트워크 단절 발생율을 보여준다. 그림 3의 (a)는 전송거리 50m에서 실험한 것이다. 그림에서 보는바와 같이 ODAM은 전송거리가 50m일 때 노드밀도 전 구간에서 평균 99%의 네트워크 단절이 발생하는 것을 알 수 있다. 그에 반해 ARNS와 RBM은 노드밀도의 증가에 따라 네트워크 단절율이 감소하고 노드밀도가 ARNS는 21이상, RBM은 25이상에서 더 이상 네트워크 단절이 발생하지 않음을 알 수 있다. ARNS는 ODAM에 비해 전송거리 50m에서 네트워크 단절율이 평균 39.9% 낮게 나타난다. 이는 본 논문에서 제안하는 ARNS는 ODAM에 비해 짧은 전송거리에도 네트워크 단절에 강함을 보여주

며 테이블 기반인 RBM과도 유사한 성능을 나타냄을 증명한다.



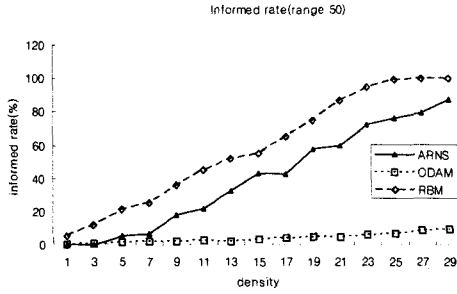
(a) 전송거리 50m의 네트워크 단절 발생율



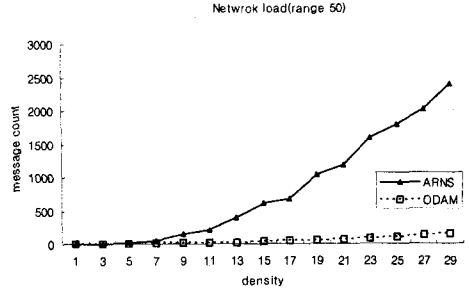
(a) 전송거리 400m의 네트워크 단절 발생율

그림 3. 전송거리에 따른 네트워크 단절 발생율

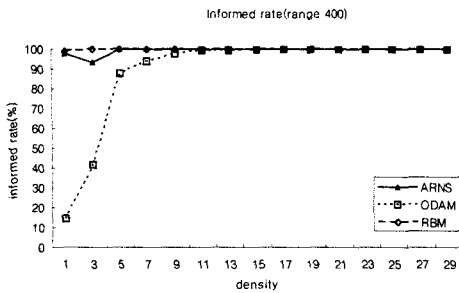
그림 3의 (b)에서 나타나듯이 ODAM은 전송거리가 400m이고 노드밀도가 9이하일 때는 38%~100%의 네트워크 단절 발생율을 나타낸다. 이에 반해 ARNS는 노드밀도 5이상부터는 0%의 네트워크 단절 발생율을 나타내며 노드밀도가 1일때에도 30%이하의 네트워크 단절 발생율을 나타낸다. RBM의 경우 전송거리 400m에서는 네트워크 단절이 거의 발생하지 않는다. ARNS는 ODAM에 비해 전송거리 400m에서 네트워크 단절율이 평균 21.2% 낮게 나타난다. 이는 ARNS는 전송거리가 보장(400m 이상)되면 낮은 노드밀도에서도 네트워크 단절을 극복할 수 있음을 나타낸다.



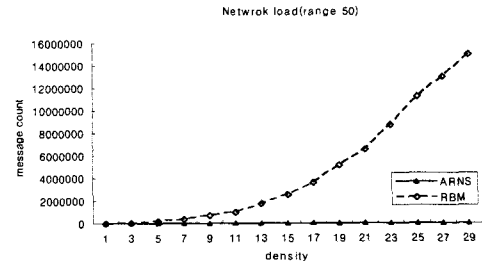
(a) 전송거리 50m의 응급메세지 수신율



(a) 전송거리 50m의 ARNS과 ODAM의 메세지 교환 회수



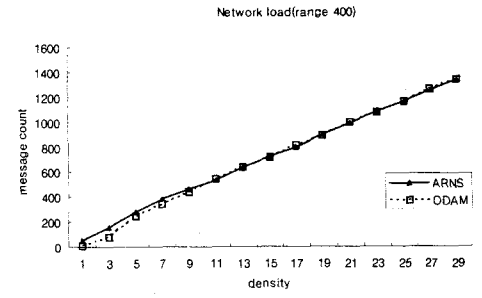
(b) 전송거리 400m의 응급메세지 수신율



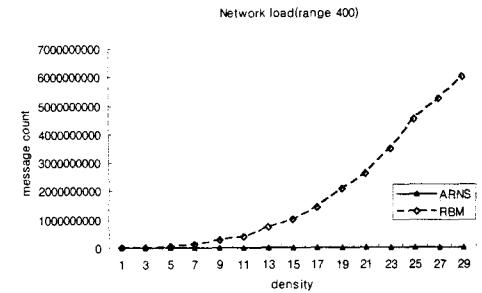
(b) 전송거리 50m의 ARNS과 RBM의 메세지 교환 회수

그림 4. 전송거리에 따른 네트워크 응급메세지 수신율

그림 4.는 전송거리에 따른 ODAM과 ARNS의 응급메세지 수신율을 나타낸다. 응급메세지 수신율은 사고지점부터 연결생존시간까지의 위험지역 내 노드들의 메세지 수신율을 의미한다. 그림 4의 (a)에서 보는바와 같이 ODAM은 노드밀도가 높을 경우(30)에서도 10%이하의 낮은 응급메세지 수신율을 나타낸다. 그에 반해 ARNS는 높은 노드밀도(30)에서는 89%의 응급메세지 수신율을 나타낸다. RBM은 전 구간에서 ARNS에 비해 약 11% 높은 응급메세지 수신율을 나타낸다. ODAM은 전송거리가 짧고 노드밀도가 낮은 경우 잦은 네트워크 단절이 발생하게 됨으로 단절 이후 지역에는 더 이상 메세지가 전달되지 못 한다. 이에 반해 ARNS는 짧은 전송거리(50m)에도 ODAM에 비해 평균 41.9%의 높은 응급메세지 수신율을 나타낸다. 그리고 그림 4의 (b)에서 보는바와 같이 긴 전송거리를 가지는 경우에도 ARNS는 ODAM보다 높은 응급메세지 수신율을 나타내며 노드밀도 12이상에서는 100%의 응급메세지 수신율을 나타내며 노드밀도 11이하에서는 ODAM에 비해 평균 22.3%의 높은 응급메세지 수신율을 나타낸다.



(c) 전송거리 400m의 ARNS과 ODAM의 메세지 교환 회수



(d) 전송거리 400m의 ARNS과 RBM의 메세지 교환 회수

그림 5. 전송거리에 따른 메세지 교환 회수

그림 5는 전송거리와 노드밀도에 따른 각 프로토콜의 메시지 교환회수를 비교한 것이다. 그림 5의 (a)에서 나타나듯이 전송거리 50m에서 ARNS는 ODAM에 비해 메시지 교환이 잦다. 이는 ODAM이 전송거리 50m에서 빈번한 네트워크 단절로 인해 더 이상 응급메세지를 전파하지 않기 때문이다. ARNS가 ODAM에 비해 메시지 교환이 많은 것은 네트워크 단절모드의 동작 때문이다. 네트워크 단절모드는 노드의 밀도가 낮아 네트워크 단절이 발생한 지역에서 동작함으로 네트워크 부하에는 영향을 주지 않는다. 이에 반해 그림5의 (b)에서 보듯이 RBM은 ODAM에 비해 전 구간에서 약 10,000배 이상의 메시지 교환이 발생하며 이는 네트워크 부하를 증가시킴을 의미한다. RBM은 그림 3과 4에서 보듯이 ARNS보다 네트워크 단절성능과 응급메세지 전송율이 같거나 우수하지만 이러한 네트워크 부하 문제를 해결하지 못한다. 네트워크 부하의 급증은 잦은 메시지 충돌과 네트워크 대역폭의 고갈로 인해 정상적인 메시지 전파를 할 수 없다.

그림 5의 (c)에서 보듯이 ARNS는 긴 전송거리와 노드밀도가 보장되면 메시지 교환회수는 ODAM과 거의 동일함을 알 수 있다. 이에 반해 RBM은 노드 밀도와 전송거리의 증가에 따라 메시지 교환회수가 지수적으로 증가함을 알 수 있다.

5. 결론

IVC에서는 높은 차량 밀도에서도 차량의 고속이동성과 토폴로지 변화로 인해 네트워크 단절이 자주 발생한다. 이는 응급메세지 전파 시간의 지연, 네트워크 연결성을 저하시킴으로 효과적인 응급메세지 전파를 방해한다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 적응형 전달 노드 검색(ARNS : Adaptive Relay Node Search) 멀티캐스트 프로토콜을 제안하였다. ARNS는 네트워크 단절 발생 시에만 선택적으로 위험지역 외의 영역에서 노드를 검색함으로 네트워크 단절 및 네트워크 부하를 줄일 수 있다. 실험 결과, 짧은 전송거리(50m)에서도 ARNS는 ODAM에 비해 네트워크 단절율이 평균 39.9% 낮게 나타났으며, 응급메세지 수신율은 평균 41.9%가 높았다. 그리고 긴 전송거리(400m)에서는 ARNS가 ODAM에 비해 네트워크 단절율이 평균 21.2% 낮게 나타났고 응급메세지 수신율은 평균 22.3%가 높음을 알 수 있다. 이는 ARNS가 ODAM에 비해 짧은 전송거리와 낮은 차량밀도에서도 높은 응급메세지 수신율과 네트워크 단절을 극복할 수 있음을 증명한다.

하지만 ARNS도 짧은 전송거리(50m), 낮은 차량밀도(1-11)에서 평균 68%의 네트워크 단절율을 보인다. 이는 네트워크 단절이 발생하게 되면 위험지역 외의 영역에서 릴레이노드가 아닌 노드들은 메시지 전송에 참여할 수 없기 때문이다. 이러한 현상은 차량밀도가 낮을수록 심각해진다. 이러한 문제를 보완하기 위해서는 네트워크 단절 발생 시 릴레이 노드만을 이용하여 전달자노드를 선정하는

것이 아닌 보다 유동적인 전달자노드 선정 알고리즘이 필요하다.

Reference

- [1] L. Jun, et al, "A Survey of Inter-Vehicle Communication", *School of Computer and Communication Sciences. EPFL, CH-1015 Lausanne, Switzerland Technical Report IC*, 2004
- [2] A, Benslimane et al, "Optimized Dissemination of Alarm Message in Vehicular Ad-hoc Networks (VANET)", *HSNMC2004, LNCS Vol.3079*, pp. 655-666, 2004
- [3] J.J. Blum et al, "Challenges of inter-vehicle ad hoc networks", *IEEE Tran. Vol.5*, pp. 347-351, 2004
- [4] M.M. Artimy, et al, "Connectivity in inter-vehicle ad hoc networks", *ECE 2004*, pp.293-298, 2004
- [5] Amit Kumar Saha et al, "Modeling mobility for vehicular ad-hoc networks", *ACM workshop on Vehicular ad hoc networks*, 2004
- [6] S. Min-Te et al, "GPS-based message broadcast for adaptive inter-vehicle communications", *IEEE VTS 2000*, pp. 2685-2692, 2000
- [7] L. Briesemeister et al, "Overcoming Fragmentation in Mobile Ad Hoc Networks", *Journal of Communications and Networks*, pp. 182-187, 2000
- [8] S. Ni, et al, "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network", *ACM MOBICOM*, pp.151-162, 1999