

# 차량간(Inter-Vehicle Communication) 멀티 홉 통신을 위한 브로드캐스트 라우팅 프로토콜

백영미\* · 한기준\*\*

## 1. 서 론

VANETs(Vehicle Ad-hoc Networks)의 목적은 가까이에서 이동하고 있는 차량 간의 통신이나 차량들과 가장 가까이 설치된 고정된 장비(RoadSide Units, RSUs)와의 통신을 제공하는 것이다. 즉, VANETs은 차량과 차량간의 통신(Vehicle-to-Vehicle), 차량과 기반구조와의 통신(Vehicle-to-Infrastructure)으로 나눌 수 있다. V2I는 V2R(Vehicle-to-Roadside) 통신과 더불어 셀룰라 네트워크를 사용한 통신으로 정의될 수 있지만 V2I 통신이 아직 잘 정의되어있지 않고 대부분의 제안서들은 제한적이거나 간헐적으로 연결될 수 밖에 없는 인터넷으로의 연결로만 가정하고 있다[3]. 또한 VANETs은 V2V 통신과 제한된 V2I 통신이 결합된 형태로 통신확장이 가능하다.

V2V 통신 서비스는 긴급정보 전파에 주로 사용될 수 있는데, 예를 들어 교통사고 알림 서비스를 포함한 돌발상황 경고 서비스(traffic accident information)와 응급차량 접근 통보서비스를 적

용할 수 있다[16]. 돌발상황 경고 서비스는 전방 차량의 저속, 정지, 사고를 감지하고 자신 차량의 상황을 주기적으로 감지하여 현재 감지차량 뒤쪽으로 전파하는 것을 주 목표로 하고 사고 상황의 종료시점까지 주기적인 방송을 해야 한다. 응급차량접근 통보 서비스는 응급차량이 현재 차량에 접근했을 때 응급차량 진행 방향으로 접근 정보를 차량에게 통보하기 위해서 감지차량 앞쪽으로 전파하는 것을 주 목표로 한다.

이러한 긴급정보들을 전파하기위한 포워딩/라우팅 전략은 유니캐스트 방식을 사용하는 것 보다 브로드캐스트 방법이 훨씬 효율적이다[4, 5]. 브로드캐스트 라우팅은 차량이 최종목적지 주소를 요구하거나 특정한 목적지로의 경로를 요구하지 않기 때문에 경로탐색, 주소 변환(resolution), 토폴로지 관리와 같은 복잡성을 줄일 수 있다. 그래서 브로드캐스트 방식은 최소의 지연으로 발신 차량에서 주위의 모든 다른 차량으로 긴급 메시지를 전파할 때 유용하다.

본고에서는 VANETs에서 기존에 제안된 브로드캐스팅 라우팅 연구에 대해 소개하고자한다. 구성은 다음과 같다. 2장에서는 VANETs의 특징, 브로드캐스트 라우팅 프로토콜의 요구사항을 알아보고 기존에 제안된 브로드캐스트 라우팅을 분류한다. 3장에서는 VANETs의 브로드캐스트

\* 교신저자(Corresponding Author): 한기준, 주소: 대구광역시 북구 대학로 80 경북대학교 공대9호관 522호, 전화: 053-940-8697, E-mail: kjhan@knu.ac.kr

\* 경북대학교 컴퓨터학부

(E-mail: maya@netopia.knu.ac.kr)

\*\* 경북대학교 컴퓨터학부

라우팅의 차이점을 비교한다. 마지막으로 4장에서 전체적인 평가와 고찰로 결론을 맺는다.

## 2. VANETs의 브로드캐스트 라우팅 프로토콜

### 2.1 브로드캐스트 라우팅 프로토콜의 요구사항

VANETs는 기회적 네트워크(Opportunistic Networks)의 고유한 특징을 고스란히 가지는 대표적인 네트워크이다. 기회적 네트워크는 MANETs(Mobile Ad-hoc Networks)에서 진화한 네트워크 형태의 하나로, 데이터의 전송 성공을 확률적으로 보장한다라는 의미를 가지고 있다. 즉, 기회적 네트워크 상황에 따라서 데이터의 전송이 성공 혹은 실패할 수도 있다는 점에서 확률적 의미를 가지고 있다. 발신지(source)와 최종목적지(destination)간에 완벽한 경로가 없을 수도 있고 심지어 이동 노드(mobile node)간에 경로가 존재하지 않을 수도 있으며, 그 경로가 빈번히 깨어질 수도 있는 환경 하에서 이동 노드들이 서로 통신에 참여한다고 가정한다. 이런 기회적 네트워킹에서 이동 노드들은 데이터전달에 대한 신뢰성(reliability)을 확보하기 위해서 주로 SCF(Store-and-Forward)의 접근방법을 이용한다[1]. SCF는 노드들이 비연결된 구조에서 노드의 이동성으로 만들어진 가상의 연결성을 제공한다. 노드들간에 메시지를 서로 교환하고자 할 때 노드의 이동성(mobility)으로 인하여 전파할 이웃노드가 존재하지 않으면 노드는 메시지를 저장하고 있다가 이웃 노드들과 연결의 기회가 생기면 무선 링크를 통해 메시지를 전달하게 하는 것이다.

앞에서 언급한 특징들을 이어받은 VANETs은

MANETs과 유사한 형태의 네트워크를 구성한다. 즉, VANETs은 도로위에서 움직이는 차량들이 자발적으로(spontaneous) 네트워크를 형성하는 애드혹 네트워크이다[2]. VANETs을 구성하는 이동노드들은 WiFi라고 불리는 IEEE 802.11 b/g, WiMAX IEEE 802.16, Bluetooth IEEE 802.15.1, IRA, ZigBee 등과 같은 무선 통신 기술을 사용하여 서로 연결한다. VANETs은 무선기지국(base station)이나 AP(Access Point)와 같은 기반시설 없이 무선으로 이동 노드들로만 자율적으로 네트워크를 구성한다. 또한 무선 통신 환경내에서만 통신이 이루어지므로 중간 노드들을 통해 발신지에서 최종목적지까지 멀티 홉(multi-hop)을 구성하여 데이터를 전송한다. VANETs에서 이동 노드인 차량들은 도로에서 그룹을 지어 한시적으로 한 방향으로 이동하는 성질이 있기 때문에 한정된 방향성을 가진다라고 할 수 있다. 또한 이동 노드들은 비교적 이동 속도가 빠르며(예: 0-40m/s, 도시) 배터리나 저장장치의 제약이 없다는 점에서 MANETs의 이동노드들과 다르다 할 수 있다. 게다가 VANETs의 이동 노드들은 출퇴근 시간이나 주말등과 같이 시간대별로, 사고 발생과 도로 유지보수 등과 같은 도로 상황별로, 혹은 쇼핑센터, 예식장부근, 관광지 근처와 같이 장소별로 다양한 노드 밀집도를 가질 수 있으며 노드의 이동성으로 인하여 토폴로지가 동적으로 빈번이 변한다는 특징을 가진다.

VANETs의 이러한 특징들로 인해 이동 노드간 통신 단절이 쉽게 유발되는데, 이는 데이터 전달률과 도착률에 지대한 영향을 끼친다. 특히 긴급 메시지를 전파할 때에 VANETs에서 전달 신뢰성을 보장하는 것이 무엇보다 중요하다. 서론에서 언급한 바와 같이 긴급 메시지를 전파할 때에 이용한 브로드캐스트는 전송 형태에 따라 두 가지

로 나눌 수 있다. 첫 번째로 점대점(n point-to-point) 전송으로,  $n$ 개의 목적지에 대해 유니캐스트 형태로  $n$ 개의 패킷복사본을 전송을 하는 방식이다. 이는 대역폭 낭비가 크고 모든 목적지에 대한 인지를 필요로 한다. 두 번째는 플러딩(flooding)형태로 주위의 노드가 브로드캐스트 패킷을 수신하면 모든 링크를 통해 그 패킷을 재 전송(rebroadcast)한다. 플러딩으로 인해 노드들은 다수의 중복된 브로드캐스트 패킷을 수신하게 되는데 이러한 상황으로 발생하는 문제를 브로드캐스트 스톰(broadcast storm)이라고 한다. 다시말하면 브로드캐스트 스톰 문제는 다수의 차량들이 브로드캐스트 메시지를 동시다발적으로 이웃노드들에게 전달하기 때문에 패킷 충돌과 패킷 손실이 연속적으로 발생하는 것이다. 전송 경쟁과 충돌이 증가하면 불필요한 대역폭이 낭비되고 긴급 메시지를 전송함에 있어 지연이 커질 수밖에 없다. 그러므로 플러딩 기법을 사용하는 브로드캐스트 라우팅은 전송 경쟁과 충돌을 줄이면서 중복 수신 메시지에 대하여 재 브로드캐스트를 줄이는 노력이 필요하다.

그러므로 VANETs에서 긴급 메시지 전파를 위한 브로드캐스트 라우팅 프로토콜은 낮은 전달 지연, 중복 메시지의 최소 전파, 적은 제어 비용을 가지면서 높은 신뢰성을 확보할 수 있어야 한다.

## 2.2 브로드캐스트 라우팅 프로토콜 분류

VANETs에서 브로드캐스트 라우팅의 주 목표는 신뢰성을 보장하면서 브로드캐스트 스톰 문제를 해결할 수 있도록 플러딩 중복을 막는 것이다. 그래서 VANETs에서 제안된 브로드캐스트 라우팅 프로토콜들은 브로드캐스트 메시지를 수신한 여러 노드(후보자)들 중에 재 브로드캐스트할 전달자(forwarder)만 하나 선택[9]하여 브로

드캐스트 스톰을 막을 수 있는 형태의 접근방법을 채택하고 있다. 전달자는 노드 스스로가 결정할 수도 있고 다른 노드에 의해서 선택이 될 수도 있다.

본 고에서는 재 브로드캐스트를 위한 전달자를 결정하기 위한 기준에 따라서 거리기반(distance-based approach), 확률기반(probability-based approach), 이웃노드 지식기반(Neighbor-knowledge based approach) 방식으로 프로토콜을 분류하였다. 불필요한 중복 메시지 수신을 피하기 위해서 확률기반 방법으로 노드 스스로가 재 브로드캐스트를 결정하거나, GPS(Global Positioning System) 정보를 통해 노드들의 정확한 위치를 알 수 있다고 가정하고 거리나 노드의 위치 정보 이용하여 거리기반으로 재 브로드캐스트를 결정하는 방법, 네트워크의 전체 토폴로지에 대한 지식없이 오직 송신자의 전송 반경내의 지역정보만을 사용하여 구축된 이웃노드 지식기반으로 브로드캐스트를 결정하는 방법이 있다.

### 가. 거리기반 접근 방법

거리기반 접근방법을 사용하는 브로드캐스트 라우팅 프로토콜은 이동 노드가 재 브로드캐스트를 결정하기 위해서 이동 노드 자신과 브로드캐스트 패킷을 전송한 각 이웃노드사이의 물리적 거리 이용한다.

일단 노드는 이전에 수신하지 않은 브로드캐스트 패킷을 수신하면 재 브로드캐스트 하기 전에 대기한다. 이를 위해 타이머를 초기화하고 만료될 때 까지 중복된(redundant) 패킷과 전송한 노드(source/sender)의 정보를 캐시한다. 노드는 타이머가 만기되면 수신된 브로드캐스트 패킷을 전송한 모든 이웃 노드의 위치를 조사하여, 임계

치(설정된 거리 값)보다 가까이에 전송 노드가 존재하는지 파악한다. 만약에 가까이에 있는 노드가 하나라도 있다면 이는 자신의 전송 반경내에 긴급메세지가 전파되고 있다고 보고 노드는 재브로드캐스트하지 않는다. 송신노드와 수신노드의 거리는 신호세기[6]를 이용할 수도 있고 송신노드의 이동속도와 패킷의 전파딜레이[7]를 사용하여 계산될 수도 있고 노드의 GPS 정보를 사용할 수도 있다.

DDT(Distance Defer Transmission)[8]는 이동 노드와 동일한 방향으로 움직이고 있는 이웃 노드들 중에서 가장 멀리 존재하는 노드를 새로운 전달자로 선택하고 메시지를 브로드캐스트한다. 이 브로드캐스트 패킷에는 송신노드의 위치정보(GSP 정보)를 포함되어 있다. 브로드캐스트 패킷을 수신한 노드는 재 브로드캐스트 참여 결정을 하기 위해서 이전 송신 노드와 자신과의 거리를 기반으로 백오프(backoff) 시간을 결정한다. 백오프 시간은 송신노드와 자신과의 거리가 멀수록 작은 값을 갖게되어 결국에는 다른 이웃노드들보다 빨리 전송할 수 있는 우선권을 노드가 갖게 된다. 백오프 타이머가 만기될 때까지 전송을 각각 대기하고 있는 노드들은 동일한 브로드캐스트 패킷을 중복하여 수신할 수 있다. 이러한 노드들은 송신노드의 위치정보들을 이용하여 각자의 전송 반경 내에 패킷이 브로드캐스트가 이루어지고 있는지 여부를 파악한다. 전송 반경내에서 브로드캐스트가 이루어지고 있다면 노드들은 재브로드캐스트 참여를 포기한다. 반대로 이루어지고 있지 않다면, 긴급 메세지를 재 브로드캐스트 한다.

이 프로토콜은 송신노드로부터 가장 멀리 떨어진 전달자가 긴급 메시지를 전송하므로 빠른 전파가 가능하고 전달자를 선정하기 위해 비콘

(beacon)이나 헬로(hello) 메시지 같은 제어 정보의 교환이 필요 없으므로 네트워크 부하가 적다는 것이 장점이다. 하지만 통신에 참여하는 모든 노드들이 GSP와 같은 장비를 장착하고 있어야 하며, 노드의 밀집도가 떨어지는 환경에서는 거리 기반으로 백오프 시간을 결정하는 알고리즘 때문에 불필요한 전달 지연이 발생할 수 있다. 예를 들면, 그림 1처럼 사고가 난 노드 A의 주변에 노드가 많지 않을 때, 노드 A에서 가장 멀리 존재한다고 인식되어진 노드 B가 실제로는 노드 A에서 그다지 멀리 있지 않은 노드일 수 있다. 그래서 두 노드간에 거리가 가까울수록 백오프 시간이 길게 설정되어 의도치 않은 전달 지연이 발생한다. 또한 노드간에 연결성이 일정시간 제공되지 않은 상황일 때 전달 신뢰성을 제공하는 방법이 제공되지 않는다. 그림 1에서 B 노드의 전송반경에 노드가 없고 바로 뒤의 차량이 D 노드만 존재하는 상황과 같이 비연결된 환경에서 긴급 메시지를 전달 할 수 있는 대체 방안은 마련되지 않았다. 결국 DDT는 네트워크에 브로드캐스트 패킷이 범람하는 것은 막을 수 있으나 신뢰성은 지원하지 못한다.

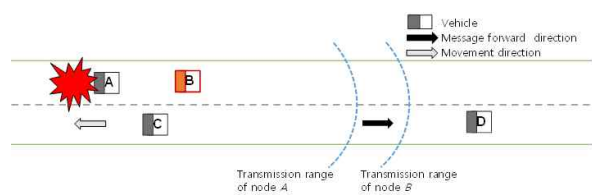


그림 1. 노드 밀집도가 낮을 때의 문제점

UMB(Urban Multi-hop Broadcast)[9]는 멀티 홉으로 메시지를 전달/전파(dissemination)할 때 간섭, 패킷 충돌, 히든노드 문제를 극복하기 위해 제안되었으며 전달자를 선택한 후 브로드캐스트한다. UMB는 노드가 브로드캐스트 패킷을

전송 할 때 발생할 수 있는 충돌을 피하기 위해서 RTB(Request to Broadcast)와 CTB(Clear to Broadcast) 메커니즘을 사용한다. 이는 IEEE 802.11 표준의 RTS(Request to Send)/CTS(Clear to Send) 메커니즘을 수정한 형태의 플러딩 기법이다. UMB는 RTB/CTB를 사용하여 이웃들 중에 오직 한 전달자만을 선별한다. RTB는 송신노드의 위치와 브로드캐스트하기 위한 메시지 전달 방향을 포함한다. 브로드캐스트 전과 방향으로 존재하는 노드들이 RTB를 수신하면 노드들은 자신과 송신노드 사이의 거리를 계산한다. 거리에 기반하여 계산된 시간만큼 노드들은 채널 재밍신호(channel jamming signal)을 전송하고 이후에 채널에 다른 신호가 있는지 스캔한다. 즉, 자신의 신호 이후에 채널이 비어있는지 혹은 다른 노드에 의해 점유되는지 판단하는 것이다.

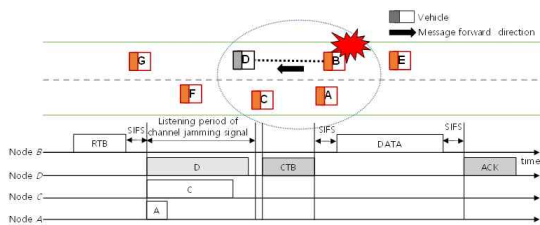


그림 2. UMB 동작 방식

만약 채널에 계속 신호가 감지되면 자신보다 먼 거리에 있는 노드가 존재한다고 판단하고 노드는 CTB를 전송하지 않는다. 결국엔 송신노드로부터 다른 노드들 보다 상대적으로 거리가 먼 노드가 CTB를 전송한다. CTB를 성공적으로 수신한 송신노드는 CTB 메시지를 보낸 노드의 ID를 포함하여 브로드캐스트 메시지를 전송한다. 만약 CTB에 충돌이 발생하는 경우, 송신노드는 RTB를 다시 전송한다. 브로드캐스트 메시지를 수신한 노드는 송신노드에게 ACK(ACKnowledge)를 전송하여 응답한다. 송신노드와 ACK를 응답한

노드 이외의 모든 다른 노드들도 브로드캐스트 패킷을 수신하지만 그들은 수신한 메시지를 폐기한다. 그림 2는 앞서 설명한 UMB의 동작 메커니즘을 나타내었다. 송신노드인 노드 B가 ACK 타이머가 만기되기전에 노드 D로부터 ACK를 수신하지 못한다면 송신노드는 임의의 시간 후에 다시 RTB를 전송하므로써 신뢰성을 확보하고자하였다. 그리하여 가장 먼 거리에 있는 노드가 송신노드로부터 유니캐스트 형태로 데이터를 전송 받을 수 있고 재 브로드캐스트 할 수 있는 전달자가 된다.

이 프로토콜은 방향성 브로드캐스트를 지향하고 있으며 송신노드는 토폴로지에 대한 지식없이 전달자를 선택할 수 있다. UMB는 높은 노드 밀집도를 보이는 환경에서 노드들이 상황을 인지할 수 있는 방법을 제공하여 메시지 중복 전달을 줄이기 때문에 효율적이다. 하지만 노드의 위치를 스스로 인지할 수 있는 GPS 장비가 필요하고 전달자를 선택하기 위한 부가적인 제어 메시지와 절차가 필요하다. 사용한 제어 메시지의 사이즈가 작고 아주 짧은 시간동안만 채널을 점유한다 하더라도 충돌가능성 때문에 전달자 선택과 전달 지연이 발생할 수 있다. 게다가 토폴로지가 빈번히 변하는 환경에서는 브로드캐스트 빠른 전달을 보장할 수 없다. 왜냐하면 선택된 전달자가 이동하여 전송 반경내에 존재하지 않는 경우에는 전달자를 한 노드만 선택하여 전달하는 방식으로 인해서 이미 브로드캐스트된 메시지가 다른 노드에 의해서 다시 활용될 수 없기 때문이다. 그러므로 ACK를 통하여 신뢰성을 확보하는 메커니즘은 전송지연을 증가시킨다.

나. 확률기반 접근방법

확률 기반 접근 방법도 전송 충돌과 전송되는

브로드캐스트 메시지의 수를 줄이기 위해서 사용한다. 노드가 결정된 확률  $p$ 를 사용하여 재 브로드캐스트 참여 여부를 결정하는 것을 제외하면 플러딩이랑 거의 유사하며, 특히 확률  $p$ 가 1일 때에는 플러딩과 동일하다. 노드의 확률  $p$ 가 너무 작으면 재 브로드캐스트가 전혀 일어나지 않을 수 있다. 이를 보완하기 위해서 다른 백업 메커니즘을 채택하는 경우에는 전송 지연이 커진다. 반대로 확률  $p$ 가 너무 크면 전송 충돌이 빈번할 수 있기 때문에 채널 자원이 낭비될 것이다. 노드의 밀집도가 높을 경우에는 다수의 노드들이 거의 비슷한 전송반경내에 존재하기 때문에 적절한 확률만 설정된다면 전송에 참여하지 않는 노드들로 인해서 브로드캐스트 패킷의 수를 줄이고 네트워크 자원을 절약할 수 있다. 밀집도가 낮을 때의 상황에서는 공유되는 영역이 적으므로 확률이 높지 않는 한 브로드캐스트 메시지를 수신할 수 없는 경우도 발생한다. 전송의 신뢰성과 성공율은 확률로 결정되는 재 브로드캐스트 횟수에 영향을 받을 수밖에 없으므로 노드의 밀집도를 고려한 확률결정이 필요할 것이다. 노드의 재 브로드캐스팅 확률은 노드가 수집한 로컬 정보를 이용하여 결정한다. 사용되는 로컬 정보에는 노드의 밀집도, 발신자/송신노드와 수신노드간의 거리, RSS(Received Signal Strength) 등이 있다.

[10]은 노드의 전송 반경에 기반한 확률적 브로드캐스트 스킴을 제안하였다. 노드가 브로드캐스트 패킷을 처음으로 수신하면 재 브로드캐스트 확률을 계산한 뒤 한번만 재 브로드캐스트한다. 만약 동일한 패킷을 다시 수신한다면 그 패킷은 전송하지 않고 폐기한다. 이 브로드캐스트 프로토콜은 긴급 메시지를 재 전파하기 위해서 2 홉 내에 존재하는 로컬 정보를 사용하여 재 브로드캐스트 확률을 결정한다. 노드들은 수집한 이웃노

드의 리스트를 이용하여 자신만의 로컬 밀집도를 파악하고, 이 값에 따라서 재 브로드캐스트 확률을 동적으로 결정한다.

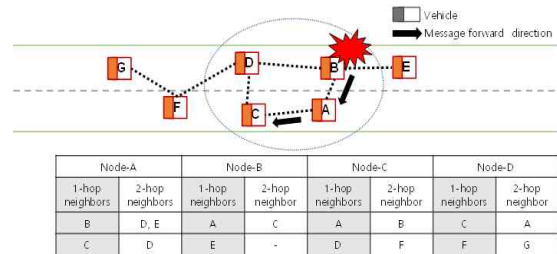


그림 3. 헬로 메시지를 통해 구축되는 노드들의 로컬 정보

로컬 밀집도는 노드의 1 홉 이웃노드들, 각 1 홉 노드의 이웃노드들(2 홉 이웃 노드)의 리스트를 사용하여 파악하는데, 이 정보는 주기적으로 교환되는 헬로 메시지(AODV 프로토콜 사용)를 통해서 얻는다. 또한 차량의 GPS를 이용하여 위치정보를 얻는다. 그림 2는 헬로 메시지를 통해 얻어진 노드들의 로컬 정보들이다. 이 정보를 이용하여 각 노드들은 브로드캐스트 확률을 계산하여 재 브로드캐스팅에 참여할 노드들의 집합을 줄인다. 로컬 밀집도가 낮을수록 낮은 재 브로드캐스트 확률을, 높을수록 높은 재 브로드캐스트 확률을 가진다. 즉, 노드는 전파할 수 있는 노드의 수가 많으면 많을수록 높은 재 브로드캐스트 확률을 가지게 되어 재 브로드캐스트 전송에 참여한다. 하지만 이동노드의 밀집도가 높을 경우에는 거의 모든 노드들이 비슷한 전송반경 내에 존재하기 때문에 2 홉내의 이웃의 수가 비슷할 수 있다. 이때에는 다수의 노드들이 동일한 혹은 비슷한 확률을 가질 수 있다. 그래서 전송 충돌 방지를 위해 전송 지연시간(임의의 값)을 설정할 수 있도록 하였다.

이 알고리즘은 전송의 신뢰성(특정 차량으로

부터 전송반경 400미터 거리 안에서 긴급 메시지의 전달율을 90~100%까지 유지될 수 있도록 하는 것이 목표)을 확보하기 위해 많은 수의 재 전달이 이루어지므로 여전히 패킷 중복, 채널 경쟁, 충돌으로부터 시달릴 수 밖에 없다. 또한 노드가 천천히 이동하고 있을 때는 로컬 정보의 유지비용에 비해 중단간지연과 네트워크 부하측면에서 좋은 성능을 나타낼 수 있지만 토폴로지가 빈번히 변하게 되면 그 성능을 보장할 수 없다. 그래서 노드의 이동속도가 빨라질수록 로컬 정보를 구축하기 위한 제어정보의 교환주기도 빨라져야하기 때문에 대역폭 낭비가 심해지고 전송지연도 증가한다.

[11]은 노드가 로컬 정보를 이용하여 계산한 자신만의 전달 확률을 이용하여 재 브로드캐스트를 결정하고 브로드캐스트 패킷을 일정시간동안 버퍼링하여 신뢰성 제공하고자 하였다. 브로드캐스트 확률은 브로드캐스트 패킷에 존재하는 송신노드의 위치정보(GPS 정보)를 이용하여 송신자와 수신자간의 거리를 사용하여 결정한다. 제안한 기법에는 중복된 브로드캐스트를 줄이기 위한 억제 정책이 다음과 같이 3가지가 있다: weighted p-Persistence, slotted 1-Persistence, slotted p-Persistence.

먼저 weighted p-Persistence 방법은 노드가 브로드캐스트 패킷을 처음으로 받았다면 계산된 확률  $p$ 를 가지고 일정한 시간 후에 재 브로드캐스트한다. 노드는 중복된 브로드캐스트 패킷을 수신하면 원칙적으로는 폐기한다. 단, 노드가 재 브로드캐스트를 위한 타이머가 만기되기 전에 다수의 송신자로부터 동일한 패킷을 수신한다면, 각 송신노드별로 확률을 계산하여 가장 작은 값을 가지는 확률을 선택한다. 결국엔 많은 수신 노드들중에서 송신노드로부터 상대적으로 가장 멀리

있는 수신노드들이 높은 확률을 가지고 전송할 가능성이 커진다. 노드가 재 브로드캐스트 참여하지 않기로 결정하더라도 전송 신뢰성을 제공하기 위해서 일정시간동안 그 패킷을 캐시한다. 그 시간동안 패킷이 이웃노드에 의해 재 브로드캐스트되지 않으면 일정 시간 후에 재 브로드캐스트하여 신뢰성을 확보하고자 하였다.

두 번째 slotted 1-Persistence은 위에서 언급한 weighted p-Persistence와 비슷한 메커니즘으로 노드가 동작하지만 노드별로 전달자를 선택하는 것이 아니라 특정 영역안에 존재하는 모든 노드들을 전달자로 선택한 점이 다르다. 이를 위해 송신노드기준으로 송신노드의 전송반경을 미리 정의된 개수의 영역으로 분할한다. 그림 3의 예에서는 영역을 4개로 분할하고 각 분할 영역을 슬롯으로 명명하였다. 브로드캐스트 패킷을 처음 수신한 수신노드는 결정된 슬롯에서 무조건 재 브로드캐스트해야한다. 그래서 수신노드는 송신노드의 위치를 기준으로 자신이 속하는 슬롯을 결정하고 선택한 슬롯을 대기시간으로 변환한다. 대기시간 타이머 만기 후에 노드는 무조건 전송한다. 송신노드와 수신노드간의 거리가 멀수록 낮은 슬롯번호를 가지게 되어 다른 이웃노드들 보다 빨리 전송할 수 있다.

세 번째, slotted p-Persistence도 마찬가지로 전송 횟수를 줄이고 전송 신뢰성을 제공하기 위해서 제시되었으며, 영역과 확률을 조합하여 사용한다. 각 노드는 슬롯을 선택하고 변환된 대기시간동안 브로드캐스트 패킷을 캐시하고 있다가 이웃노드들이 아무도 재전송하지 않는다면 타이머가 만료된 후에 노드는 계산된 확률로 재 브로드캐스트한다. [11]은 특정한 지역에서 GPS 정보를 사용할 수 없는 상황을 보완하기 위해서 GPS 정보대신에 수신된 패킷의 RSS 정보를 사용하여

전달확률 혹은 대기시간을 생성할 수 있다.

이런 3가지 억제 정책을 통해서 제어 트래픽을 교환하거나 토폴로지를 유지하기 위한 비용없이 브로드캐스트의 중복을 줄이고 신뢰성을 높임으로써 패킷 손실을 줄였다. 그러나 제안된 기법은 노드의 밀집도에 따라 달라질 수 있는 상황을 고려하여 확률을 산출하지 않았다. 특히 slotted p-persistence는 차량 밀집도에 따라서 성능이 아주 달라질 수 있다. 예를 들어 slotted p-persistence에서는 송신노드로부터 먼 곳에 노드들이 존재하지 않는다면 낮은 번호를 가지는 슬롯이 비게된다. 그림 4처럼 송신노드에서 상대적으로 가장 멀리 있지만 물리적으로 가장 가까운 노드 A는 재 브로드캐스트에 참여하기위해서 불필요한 대기시간을 허비하게 된다.

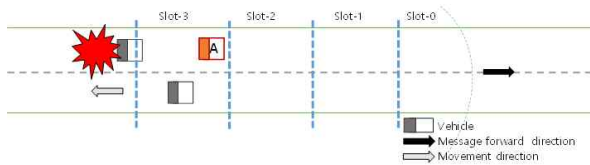


그림 4. 노드 밀집도가 낮은 경우

또한 그림 5의 슬롯-2에서처럼, 한 슬롯에 노드의 밀집도가 높을 때에는 동시에 재 전송하여 다수의 전송 충돌이 발생한다. Weight p-persistence도 밀집도가 높을 때 확률이 높은 노드가 많아지기 때문에 충돌이 더욱 더 많이 발생할 수 있다. 즉, 밀집도가 낮을 때에는 아주 긴 대기 시간이 발생하고 밀집도가 높을 때에는 전송 충돌이 증가하여 지연이 증가할 수밖에 없다. 노드간에 연결성이 확보되지 못했을 때 브로드캐스트 신뢰성도 보장할 수 없다. 또한 노드들이 비연결될 때 패킷을 전달할 수 있는 방안이 구체적으로 제시되지 않았다.

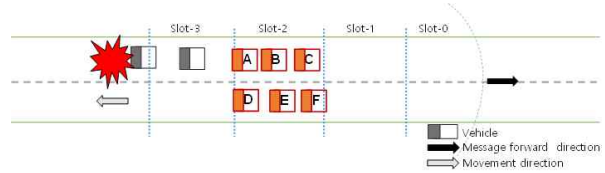


그림 5. 특정 영역에 노드의 밀집도가 높은 경우  
다. 이웃노드 정보기반 접근방법

이웃노드 정보 기반 접근방법은 연결 가능한 이웃노드가 그룹내에 하나라도 존재 한다면 노드는 브로드캐스트 패킷을 전달한다. 즉 전송에 대한 부하를 줄이기위해서 한정된 전달 집합(전달 그룹)을 찾는다. 1 홉 혹은 2 홉 이웃노드들에 대한 정보는 헬로 메시지를 교환함으로써 획득할 수 있다. 노드가 브로드캐스트 패킷을 수신하면, 수신노드들은 자신의 이웃노드 리스트와 송신노드의 이웃노드 리스트를 비교하여 재 브로드캐스트 여부를 결정한다. 만약 수신노드가 송신노드의 이웃리스트에 존재하지 않는 노드를 이웃으로 가지고 있다면 재 브로드캐스트를 한다. 즉, 노드는 송신노드가 브로드캐스트 메시지를 전파하지 못한 다른 노드들에게 패킷을 브로드캐스트 한다. 이러한 접근방법은 토폴로지 변화가 큰 VANETs에서는 수집한 이웃노드 정보가 빨리 쓸모없어지기 때문에 효율적이라고 할 수 없다. 하지만 VANETs의 특성상, 차량들이 그룹을 지어 일정시간동안 이동하는 관점에서 보면, 그룹을 나누어 전파하고 연결이 단절된 환경에서 신뢰성만 제공할 수 있다면 효율적이라고 할 수 있다. 또한 이웃 정보를 획득하기 위해서 주기적으로 메시지를 교환해야한다는 부담감이 여전히 있고 교환 주기를 어떻게 설정하느냐에 따라 성능은 달라질 수 있다.

DV-CAST(Distributed Vehicular broadCAST) [12]는 차량들 간의 클러스터링 개



념을 도입하여 상황별로 노드의 재 브로드캐스트 행위를 정의하였다. 1 홉 이웃정보를 이용하여 메시지 전달 방향(차량진행방향과 반대)으로 존재하는 노드들을 그룹화 한다. 이를 위해 필요한 이웃정보는 주기적으로 교환되는 헬로 메시지를 통하여 획득한다.

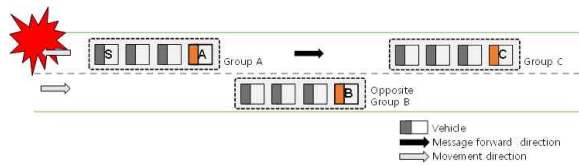


그림 6. 클러스터링 개념

그림 6처럼 발신노드 S의 통신 반경 내에 존재하면서 같은 방향으로 진행 중인 1 홉 노드들을 하나의 그룹-A로 묶고 발신노드 S는 자신의 그룹에 긴급 메시지를 브로드캐스트한다. 긴급 메시지를 수신한 노드들은 재 브로드캐스트를 결정하기위해서 메시지 전달 방향으로 이웃노드그룹들이 존재하는지 판단한다. 만약 존재한다면 [11]에서 제안된 확률적인 브로드캐스트 억제 정책 중에 하나를 선택하여 노드들은 수행 (weighted p-persistence 선택)한다. 그래서 그룹-A안에서 발신 노드로부터 거리가 가장 먼 노드인 노드 A가 재 브로드캐스트에 먼저 참여하게 된다. 백오프 시간내에 브로드캐스트 패킷이 다시 전송되지않으면 그룹안의 노드들은 각자의 타이머 만기후에 재 브로드캐스트에 참여한다. 만약 다른 노드가 재 브로드캐스트하였다면 자신의 패킷은 폐기한다.

그림 6의 그룹-A와 그룹-C가 연결되지 못하는 상황같이, 메시지 전달방향으로 연결 할 수 있는 다른 그룹이 더 이상 존재하지 않는다면, 신뢰성을 제공하기위하여 백오프 시간 후에 그룹-B에게 패킷을 재 브로드캐스트한다. 그룹-B는 그

룹-A의 차량 진행방향에서 반대편 도로에 존재하는 다른 그룹이다. 또한 그림 6의 노드 C와 같이 메시지 전달 방향으로 이웃 노드가 전혀 없고 차량진행방향의 반대편으로 진행 중인 어떤 노드와도 연결될 수 없는 노드라면 브로드캐스트 패킷을 가지고 있다가 차량 진행 방향의 반대편 도로에 그룹이 존재하던지 새로이 따라오는 뒷 차량에게 재 브로드캐스트한다. 특히 차량 진행 방향의 반대편 도로에 있는 그룹으로 재 브로드캐스트했을 때에는 타이머가 만료될 때까지 전송한 브로드캐스트 패킷을 버퍼링한다.

DV-CAST는 로컬 밀집도에 따라 정책을 달리 하여 높은 노드 밀집도를 가지는 상황에서는 브로드캐스트 횟수를 줄여 낮은 부하를 제공하고 낮은 노드 밀집도에서는 연결성을 관리하였다. 로컬 밀집도에 따라서 백오프 타이머를 조절하고 진행 방향 혹은 진행 반대방향과의 연결성을 측정하여 재 브로드캐스트한다. 완전히 연결이 끊어진 환경에서는 노드들은 SCF 방식을 사용하기 때문에 로컬 연결성이 복구되면 패킷을 브로드캐스트하여 신뢰성을 확보하고자하였다. 하지만 이러한 접근형태는 신뢰성을 어느 정도 보장 할 수는 있지만 긴급메세지의 전달 지연이 증가하게 된다. 또한 로컬 연결성을 인식하기 위한 정보와 그룹에 속한 이웃 노드에 대한 정보를 주기적으로 수집 및 유지해야한다. 현재 발신노드의 그룹에 어떤 노드들이 존재하는지, 각 이웃노드의 상대적 위치는 어디인지 등에 관련한 정보가 필요하기 때문에 GSP 정보를 담은 헬로 메시지를 모든 통신하는 노드들 간에 주기적으로 교환해야한다. 이는 앞에서 언급한 바와같이 긴급메세지와 제어 메시지의 교환이 공존하는 상황이 발생하기 때문에 네트워크에 부하, 전송 충돌 및 경쟁을 야기한다. 로컬 토폴로지에 대한 완전한 지식을 제공하기위

해서는 헬로 메시지의 교환이 필수적이기 때문에 더 중요한 긴급메세지의 전달에 영향을 줄 수 있다. 특히 동적으로 토폴로지가 변하는 VANETs에서, 다른 네트워크보다 더욱더 빈번하게 교환되어야하는 헬로 메시지는 충돌과 경쟁을 유발하여 대역폭 낭비가 심해진다. 그룹을 결정하는 동안 혹은 브로드캐스트하고있는 동안 노드의 추월 같이 예상지 않은 상황이 발생할 수도 있기 때문에 [13]은 DV-CAST가 낮은 신뢰성을 가진다고 평가하였다.

R-OB-VAN(Reliable Opportunistic broadcast in VANets)[14]은 VANETs에서 이웃노드의 부재로 전송의 신뢰성이 떨어질 때 SCF 방식이 아닌 이웃노드의 정보를 이용하여 재 브로드캐스트 결정하여 긴급 메세지를 신뢰성있게 전달하고자 하였다. 노드들은 기본적으로 이웃노드에 대해 기본적인 정보를 필요로 하는데, 1 홉 이웃노드 리스트와 2 홉 이웃 노드의 수(노드의 1 홉 이웃노드들이 가진 각각의 이웃 노드들의 수)가 있다. 이 정보들은 노드의 1 홉 이웃노드들로부터 주기적으로 브로드캐스트되는 비콘을 통해 쉽게 얻을 수 있다. 브로드캐스트에 참여하는 기준은 노드의 이웃노드의 수가 작을 때 브로드캐스트에 참여하게 된다. 예를 들어, 도로위의 방해물로 인해 혹은 주위에 차량이 없어서 다른 이웃과 연결될 수 없다면, 노드의 이웃노드 수는 주위의 다른 이웃노드보다 적은 수의 이웃노드를 가지게 된다. 그래서 이웃노드의 수가 임계치보다 작으면 잘 연결되지 않았다고 생각하여 신뢰성 회복을 위해 메시지를 브로드캐스트하는 메커니즘이다.

R-OB-VAN은 다음의 3가지 정책에 따라 재 브로드캐스트를 결정한다. 첫 번째 정책은 브로드캐스트 패킷을 수신한 노드는 수집된 이웃노드의 수를 이용하여 재 브로드캐스트에 참여여부를

결정한다. 이웃노드 리스트들 중에 한 노드라도 임계치(정의된 최소 이웃 수)보다 적은 수의 이웃노드를 가지고 있다면 노드는 수신한 메시지를 재 브로드캐스트한다.

두 번째 정책은 노드의 밀집도가 변화하는 환경을 고려하여 임계치를 동적으로 설정할 수 있다. 각 노드는 자신이 이웃하는 노드들이 가진 이웃 노드의 수를 알고 있다. 만약 이웃하는 노드가 가진 이웃 노드의 수가 노드 자신의 이웃수보다 많이 작다고 한다면 노드는 재 브로드캐스트한다. 이때 임계치에 따라 이 정책의 효율성이 좌우된다.

세 번째 정책은 한쪽방향으로만 메시지가 전달될 수 있도록 조절한다. 만약 노드와 발신노드 사이에 위치한 이웃 노드로부터 긴급 메세지를 수신하게 되면 노드는 아무것도 수행하지 않는다. 즉, 전달 방향(노드이동방향의 반대방향)을 따라 가장 멀리 있는 노드로부터 브로드캐스트 메시지를 수신하였을 때 재브로드캐스트에 참여한다. 예를 들어 고속도로일 경우 수신 노드는 자신을 중심으로 앞 뒤 방향으로 전송을 하게 되는데 앞쪽으로부터 재 브로드캐스트되어진 패킷을 다시 재전송 하지 않기 위해서 대기한다. 이를 위해 노드들의 위치(GPS 정보)와 노드의 1 홉 이웃노드 리스트와 1 홉 이웃이 가진 이웃노드 리스트를 교환해야만 한다.

이 프로토콜은 이웃 노드의 정보를 확보하기 위해서 비콘을 주기적으로 교환해야하고 채널을 점유한다. 임계치에 의해서 재 브로드캐스팅 결정이 이루어지므로 임계치가 적절하게 설정되지 않았을 경우 전파가 제대로 일어나지 않게된다. 또한 긴급 메시지가 먼저 전파되어야함에도 불구하고 긴급 메시지와 비콘 메세지들의 교환이 공존할 경우 전송 경쟁이 심화된다. 특히 토폴로지가

표 1. 브로드캐스트 라우팅 프로토콜 비교

	DDT	UMB	[10]	[11]	DV-CAST	R-OB-VAN
브로드캐스트 결정기준	거리	거리	확률	확률	이웃노드	이웃노드
브로드캐스트 스톱	낮음	낮음	보통	낮음	낮음	낮음
비연결시 신뢰성 제공메커니즘	-	ACK	-	-	SCF	-
연결시 신뢰성 제공메커니즘	-	ACK	임의의 전송 지연시간 부여	브로드캐스트 패킷 캐시	일정시간동안 전달패킷캐시	-
전달 방향성	-	있음	있음	있음	있음	있음
제어메세지 교환	-	RTB/CTB/ACK	Hello	-	Hello	Beacon
환경변화에 대한 민감도	낮음	낮음	부하증가	낮음	부하증가	부하증가
밀집도영향	고려안함	고려안함	고려됨	고려안함	받지않음	받지않음

빈번히 변경될 때 이웃노드의 수로만 브로드캐스트하기 때문에 불필요한 브로드캐스트가 많이 일어나고 이로 인한 전송 충돌이 증가하여 결과적으로 지연이 많이 일어난다[15].

### 3. VANETs 브로드캐스팅 프로토콜의 비교

본 고에서 앞서 알아본 브로드캐스트 라우팅 프로토콜들은 브로드캐스트 스톱 문제를 해결하기 위해 제안되었다. 중복된 브로드캐스트를 줄일 수 있는 법은 결국엔 재 브로드캐스트에 참여하는 횟수를 줄이는 방법으로 귀결된다. 이들은 각각의 기준에 의해서 재 브로드캐스트의 참여 여부를 결정하여 지역 내에서 긴급 메시지를 재 전송하는 노드 수를 줄이고자 하였다. 표 1은 본고에서 살펴본 브로드캐스트 라우팅 프로토콜들에 대하여 프로토콜의 강점과 특징들을 객관적 기준에서 비교분석하여 결과를 정리하여 나타내었다.

### 4. 결 론

VANETs에서 브로드캐스트 스톱 문제를 해결하기 위한 브로드캐스트 라우팅프로토콜에 대

해서 살펴보고 전달자를 선택하는 기준에 따라 접근방법을 분류하여 주요 연구 동향을 살펴보았다. VANETs에서 브로드캐스트 라우팅 프로토콜은 긴급 메시지를 빠른 시간내에 전파하기 위해서 낮은 전달 지연 및 중복 메시지의 최소화, 적은 제어 비용을 가지면서 높은 신뢰성을 확보할 수 있어야하지만 앞서 살펴본바와 같이 전달 신뢰성을 확보하는 것과 중복메세지 전달을 최소화하는 것은 상충관계에 있음을 연구들에서 확인하였다. 그러므로 적절한 신뢰성을 보장하는 브로드캐스트 라우팅 프로토콜은 환경변화에 대한 토폴로지 민감도와 상황에 따른 밀집도를 고려하여 비연결시 긴급 메시지 전달 노력에 주력하는 형태로 연구가 이루어져야한다.

### 참 고 문 헌

[1] J. Wu, S. Yang, and F. Dai, "Logarithmic Store-Carry-Forward Routing in Mobile Ad Hoc Networks," IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems, vol. 18, no. 6, pp. 735-748, June 2007.  
 [2] Kamal Deep Singh, Priyanka Rawat and Jean Marie Bonnin, "Cognitive radio for vehicular ad hoc networks (CR-VANETs): approaches and challenges", Springer 2014, Journal on Wireles

- s Communication and Networking.
- [3] Gayathri Chandrasekharan et al, "VANETs: The Networking Platform for Future Vehicular Applications," Department of Computer Science, Rutgers University. 2008.
- [4] R. Kumar, M. Dave, "A Review of Various VANET Data Dissemination Protocols," International Journal of u- and eService, Science and Technology, vol. 5, no. 3, pp. 27-44, Sep. 2012.
- [5] T. Fukuhara, T. Warabino, T. Ohseki, K. Saito, K. Sugiyama, T. Nishida, and K. Eguchi, "Broadcast methods for inter-vehicle communications system," in Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference, Vol. 4, 2005, pp. 2252-2257.
- [6] S. Ni, Y. Tseng, Y. Chen, and J. Sheu, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network," In 15<sup>th</sup> Proceedings of the ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM), pages 151 - 162, 1999.
- [7] Ramakrishna M, "DBR: Distance Based Routing protocol for VANETs," 2011 International Conference on Network Communication and Computer (ICNCC 2011), March 2010.
- [8] M.-T. Sun, W. Feng, T. Lai, K. Yamada, H. Okada, and K. Fujimura, "GPS-based message broadcast for adaptive inter-vehicle communications," in Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference (VTC '00), vol. 6, pp. 2685 - 2692, September 2000.
- [9] G. Korkmaz et al., "Urban Multi-hop Broadcast protocol for intervehicle Communication systems," in 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, Philadelphia, PA, USA, 2004, pp. 76-85.
- [10] H. Alshearand, E. Horlait, "An Optimized Adaptive Broadcast Scheme for Inter. Vehicle Communication," in Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (IEEE VTC 2005. Spring), Stockholm, Sweden, May 2005.
- [11] N. Wisitpongphan, O. K. Tonguz, J. S. Parikh, P. Mudalige, F. Bai, and V. Sadekar, "Broadcast storm mitigation techniques in vehicular ad hoc networks," IEEE Wireless Communications, vol. 14, no. 6, pp. 84 - 94, 2007.
- [12] O. K. Tonguz, N. Wisitpongphan, F. Bai, P. Mudalige and V. Sadekar, "Broadcasting in VANET," in Proc. IEEE INFOCOM MOVE Workshop, 2007.
- [13] F.J. Ros, P.M. Ruiz, I. Stojmenovic, "Reliable and Efficient Broadcasting in Vehicular Ad Hoc Networks," in Vehicular Technology Conference 2009, 2009, pp. 1 - 5.
- [14] A. Laouiti, P. Muhlethaler, Y. Toor, "Reliable Opportunistic Broadcast in VANETs," IEEE 9<sup>th</sup> Int. Conf. on Intelligent Transport Systems Telecommunications (ITST), pp. 382-387, 2009.
- [15] Khan, Faisal Ahmad. "Safety-message routing in vehicular ad hoc networks". Ph. D. Dissertation, Georgia Institute of Technology, 2013.
- [16] <http://www.sigcomm.or.kr/icat/icat2008/b3.pdf>



백 영 미

- 2002년 경북대학교, 컴퓨터공학과, 공학석사
- 2015년 경북대학교, 컴퓨터공학과, 공학박사
- 관심분야: WLANs, VANETs, CR Networks



한 기 준

- 1979년 서울대학교, 전기공학과, 공학사
  - 1981년 KAIST, 전기 및 전자공학과, 공학석사
  - 1985년 University of Arizona, Dept. of ECE, M.S.
  - 1987년 University of Arizona, Dept. of ECE, Ph.D.
  - 1988년~현재 : 경북대학교 IT 대학 컴퓨터학부 교수
- 
- 관심분야 : 무선 네트워크
- 
-