

차량동위그룹을 이용한 차량 간 긴급 메시지 전파 방법

(An Inter-Vehicle Emergency Message Propagation Method with Vehicle Equivalent Group)

유 석 대 [†] 조 기 환 ^{**}
(Sukdea Yu) (Gihwan Cho)

요 약 도로를 주행하는 차량들 사이에서 사고, 긴급정지, 장애물 출현 등의 안전과 관련된 긴급정보를 전송하는 차량 간 통신기술은 차량안전통신서비스의 기반이 된다. 차량안전통신은 상호 연계성이 없는 차량들 사이에서 운용되기 때문에 브로드캐스트 형태의 전파방법을 사용한다. 순수 브로드캐스팅 서비스를 사용했을 때는 잦은 메시지 충돌과 그에 따르는 전송 지연으로 차량안전통신 서비스의 요구사항을 만족하지 못한다. 본 논문에서는 차량안전통신의 요구사항을 만족하는 다중홉 전송을 위하여 그룹 기반 전송방법을 제안한다. 차량의 위치정보와 무선전송범위를 고려하여 그룹헤더를 선출하고, 그 헤더를 중심으로 같은 전송범위 안의 차량들을 차량동위그룹으로 묶는다. 헤더에 의해서만 긴급메시지를 전파함으로써 불필요한 전송을 최소화하고 메시지 충돌의 가능성 낮춘다. 차량동위그룹을 적용하면 차량 밀집도에 상관없이 거의 일정한 긴급메시지 전파 성능을 보인다.

키워드 : 차량안전통신, 차량동위그룹, 브로드캐스트, 선별적 재전송, 차량간 통신, 긴급메시지

Abstract Vehicle safety service can be effectively achieved with inter-vehicle communication technologies, in which moving vehicles transmit a safety related urgency information such as traffic accidents, sudden stops, obstacle appearance etc. They usually utilize a broadcast of message propagation method because the communicating vehicles are not known each other. The pure broadcasting scheme does not satisfy the requirements of vehicle safety communication service due to the transmission delay with frequent message collisions. To resolve this problem, this paper presents a group based propagation method for the multi-hop transmission, in order to deliver an urgency message to the reasonable size of vehicle troop. A group header is elected in considering of the position information of vehicles and radio transmission range. And a vehicle equivalent group is formed with the header. With benefits of the group based transmission, it is possible to minimize the unnecessary transmission and the possibility of message collisions. Simulation results show that the message propagation performance is so stable regardless of vehicle's congestion degree.

Key words : Vehicle Safety Communication, Vehicle Equivalent Group, Broadcast, Selective Forwarding, Emergency Message

1. 서 론

도로를 운행 중인 차량들은 도로의 사정이나 운행 중 차량의 결함, 차량 사이에서의 사고 등으로 탑승자들의 생명을 위협하고 있다. 특히 운전자의 사야가 완전히 확보되지 않는 상황에서는 단순한 위험요소들이 대형 사

고로 이어지는 경우가 허다하다. 자동차 제조사들은 이러한 안전사고에 대비해서 지능에어백이나, ABS (Anti-lock Braking System), 차량자세안정화시스템, 충돌대비시스템 등의 기술을 제공하고 있다. 그러나 이러한 안전관련 시스템들은 교통사고가 발생했을 때 피해상황을 최소화할 수 있는 피동적인 안전대책일 뿐 교통사고 발생률 자체를 줄이는 데는 큰 기여하지 못하고 있다.

최근 북미를 중심으로 고속으로 이동중인 차량 사이에서도 무선 네트워크 구축이 가능한 통신기술들이 나타나고 있다. 노변기지의 도움 없이 차량들 사이에서

[†] 정 회 원 : 전북대학교 컴퓨터정보통신학과
sdyu@chonbuk.ac.kr

^{**} 정 회 원 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
ghcho@dcs.chonbuk.ac.kr

논문접수 : 2006년 6월 29일

심사완료 : 2007년 6월 3일

정보를 주고받을 수 있는 가능한 차량 간 통신(IVC : Inter-Vehicle Communication)[1]을 이용한 교통정보 연계, 차량 플래투닝, 교차로 통행 제어, 진입점 차량 진입 제어, 차량안전 관련 정보 전달 등의 다양한 응용 모델이 제시되고 있다[2].

IVC 기술 중에서 차량의 안전과 관련된 통신은 다른 응용들과 달리 엄격한 통신 요구사항을 제시하고 있다 [3]. 넓은 대역폭과 고속의 데이터 전송이 목적인 일반적인 데이터통신 기술과는 다르게 낮은 전송지연, 높은 메시지 전송 신뢰도, 전달 방향성 등이 요구된다. 이런 차량안전과 관련된 통신기술을 VSC(Vehicle Safety Communications)[3]라 하며, 엄격한 요구사항을 바탕으로 특화된 IVC 기술 중의 하나이다. 고속으로 이동중인 차량간의 통신이기 때문에 비록 통신모델은 MANET (Mobile Ad-hoc Network)[4]과 유사하지만 기존의 MANET 프로토콜들을 적용하여 메시지를 전파하는데 많은 어려움이 있다[3].

VSC는 같은 도로를 달리고 있는 차량들 사이에서 이루어지는 통신이고, 이런 차량들은 상호 연계성이 없는 상태에서 통신을 수행하기 때문에 정보전달을 위해서 브로드캐스트를 사용한다[5]. VSC 관련 연구들에서는 지향성 브로드캐스팅이나 선별적재전송 브로드캐스팅 방법을 이용하고 있다. 차량의 이동 방향을 고려하는 지향성 브로드캐스팅은 DSRC (Dedicated Short Range Communication) 표준[6]에 포함되어있다. 메시지를 수신한 노드들 중에서 일부의 노드만 재전송을 수행하는 선별적재전송 브로드캐스팅 방법들은 네트워크에서 발생하는 패킷의 수를 줄여 지향성 브로드캐스팅의 단점을 극복하고 있다.

본 논문에서는 논리적인 그룹 개념을 활용하는 선별적재전송 브로드캐스팅 방법을 제시한다. 그룹 형성을 위해서 모든 차량들은 위치정보를 활용하며, 메시지를 송신하는 차량은 자신의 이동벡터 값과 자신의 이상적인 다음 전송자 위치값 DP(Designated Point)를 메시지에 포함시켜 전송한다. 각 차량들은 자신의 이동벡터 값과 그 DP를 이용해 그룹을 형성한다. 그룹의 크기는 DP값 사이의 거리에 의해서 결정된다. 그 그룹 안에서 리더에 의해서만 메시지 재전송이 이루어지기 때문에 브로드캐스트 형태의 정보전달 방법을 취하고 있으면서도 네트워크 오버헤드를 획기적으로 줄이고 있다.

본 논문은 다음의 순서로 구성되어 있다. 2장에서는 제안된 방법의 필요성과 관련연구에 대해서 살펴보고, 3장에서는 제안된 방법론에 대해서 자세히 살펴본다. 4장에서 제안된 방법의 성능을 측정하기 위하여 실시한 네트워크 시뮬레이션의 결과를 가지고 성능요소를 비교·분석 한다.

2. 연구 배경 및 관련 연구

2.1 브로드캐스팅 방법 개선 필요성

브로드캐스트 서비스는 모든 종류의 네트워크에서 매우 중요한 방법이다. 네트워크 전체를 대상으로 메시지를 보낼 필요가 있거나 메시지를 받을 대상이 어디에 위치하는지 알 수 없는 상황에 브로드캐스트 형태의 메시지 전파 방법이 필요하다. On-Demand 방식의 MANET[7,8] 라우팅 프로토콜은 목적지까지의 경로를 찾기 위해서 RREQ (Route REQuest) 메시지에 브로드캐스트 전송방법을 사용하고 있다. 또한 여러 중복 경로가 존재할 경우 가장 짧은 경로나 가장 효율적인 경로를 찾는 데도 브로드캐스트가 사용된다[8].

이전에 미리 설정된 연계성이 없는 차량들 사이에서 VSC를 위해서 사용될 메시지 전파 방법은 브로드캐스트 서비스의 특징을 가지면서 동시에 전송 지연의 최소화, 전송 효율성 증대, 전송 신뢰성 보장 등의 강력한 요구사항을 제시하고 있다. 그러나 순수 브로드캐스트 서비스를 사용하여 긴급메시지를 전달하면 무선 네트워크의 단점이 그대로 반영되어 많은 충돌현상으로 신뢰도가 떨어지며, 정보전파의 신속성까지 저해하게 된다. 결국 안전을 우선으로 해야 되는 VSC에서 순수 브로드캐스트 서비스는 요구사항을 만족할 수 없다.

차량안전관련 메시지는 차량의 이동방향에 영향을 받기 때문에 메시지 전달에 있어 방향성을 갖으며, 일정거리 안에 있는 후미의 차량들에게만 의미가 있는 것이기 때문에 전파되는 범위를 제한해야 되며, 메시지 폭풍 현상을 완화하기 위하여 재전송에 참여할 노드의 수를 제한해야 한다. 이러한 기능을 포함한 브로드캐스트 형태의 서비스가 차량안전통신에서는 필요하다.

2.2 관련연구

VSC를 위한 브로드캐스트 서비스 방법론에서는 지향성 메시지 전송방법과 선택적 재전송 방법을 적용하고 있다. 차량들은 도로를 따라서 방향성을 가지고 이동하고 있고, 안전관련 정보는 문제의 차량 이후의 일정거리 이내의 차량들에게만 필요한 정보이다. 따라서 대부분의 연구들은 지향성 브로드캐스팅 방법이나 선택적 재전송 방법들을 사용한다[3,6,9-11].

LPG(Local Peer Group)프로토콜[3]에서는 이웃하는 다수의 차량을 하나의 그룹으로 묶어 그룹 내와 그룹 외를 구분하는 통신 방법을 제시하고 있다. 차량의 전후 관계를 나타내기 위하여 주기적으로 이웃노드 사이에서 위치정보를 교환하며, 그룹 내의 차량 간 상대적 순서를 부여하고, 별도의 방법에 의해서 선출된 헤더노드의 무선 반경에 근거하여 동위셀을 형성하여 각 셀에서 헤더만이 메시지 재송신에 참여하는 방식을 취하고 있다. 그

렇지만 프로토콜에서는 헤더를 선출하는 추가적인 방법을 정의하지 않았고 위상관리를 위해서 주기적인 위치 교환이 필요하며, 실증과정을 거치지 않았다.

이동 벡터를 이용하는 브로드캐스팅 프로토콜[9]에서는 사고차량이 만든 메시지가 전파되어야하는 범위를 위치 벡터를 이용하여 한정하고 있다. 긴급메시지가 전파되어야하는 거리를 수치화함으로써 특정영역에 한정하여 메시지를 전파할 수 있다. 그러나 중계를 제어하는 기능이 없기 때문에 범위 내에서는 많은 메시지의 충돌이 발생할 수 있다.

위치정보를 활용하는 브로드캐스트 방법[5]에서는 차량들 사이에서 정보를 주변에 효과적으로 전파하기 위해서 위치 정보를 활용하는 TRADE(TRACK DETECTION)와 DDT(Distance Defer Transmission)를 제시하였다. TRADE프로토콜에서는 각 노드가 이웃노드들의 위치에 따라 미리 전방그룹, 후방그룹 그리고 나머지 그룹으로 나눈 뒤 각 그룹의 노드들 중 가장 멀리 있는 차량에게 재전송의 역할을 부여하는 방식을 취하고 있으나 이웃노드들과 주기적인 위치교환이 반드시 필요하다. 이를 개선하여 메시지가 전송되는 순간의 전송자의 위치를 고려하면서 각자가 재전송에 대한 결정을 내리는 DDT 프로토콜을 제시하고 있으나 각 노드가 재전송 결정을 내리는데 방향성을 고려하고 있지 않고 있으며, 불필요한 중복전송의 여지가 포함되어 있다.

전형적인 지향성 브로드캐스트 프로토콜인 NB(Navie Broadcasting) 방법[6]에서는 전방으로부터 받은 모든 메시지는 무조건 후방으로 재전송 지향성 브로드캐스팅 방법을 사용하고 있다. NB 프로토콜은 DSRC 표준에 포함되어 차량 간 메시지 전송의 기본 방법으로 사용하고 있다. 다중 홉 전송의 상황에서 차량 밀집도가 높아지게 되면 브로드캐스트 폭풍 현상이 발생하기 때문에 이를 개선할 필요성이 있다.

IB(Intelligent Broadcasting)[10] 방법은 NB 방법의 브로드캐스팅 폭풍의 문제를 해결하기 위하여 랜덤그룹 생성의 방법을 사용하고 있다. 다중 홉 전송이 필요한 메시지를 받으면 각 노드들은 랜덤시간 동안 대기한다.

대기시간이 가장 짧은 노드가 재전송을 수행한다. 나머지 노드들은 재전송 대기 시간에 다른 노드로부터 재전송되었음을 확인하고, 자신은 재전송을 포기한다. 메시지를 수신한 노드들 중에서 임의의 노드 하나가 선택되지만, 랜덤에 의해서 선출되었기 때문에 무선 전송 범위를 수렴하지 않고 있다. 다중 홉 메시지의 홉 수를 제한하지 못해 불필요하게 먼 곳까지 전송되게 되고 메시지 전송의 효율성이 떨어진다.

3. 차량동위그룹을 이용한 긴급메시지 전파

본 절에서는 실시간으로 생성하는 차량동위그룹(VEG : Vehicle Equivalent Group)을 정의하고 그룹 내에서 대표차량(VEGH : VEG Header)이 선출되는 방법을 기술하고, 이러한 VEG를 이용하여 긴급메시지를 후위로 전달하는 방법을 기술한다.

3.1 VEG 형성

VEG는 같은 방향으로 주행 중인 비슷한 위치에 있는 차량들 사이에서 실시간으로 형성되는 임시그룹이다. VEG는 긴급메시지가 발생한 차량으로부터 후위 차량들에 나타나는 논리적인 그룹으로써 홉에 따라 세대가 구분되며, 홉이 허용하는 거리까지 연속적으로 형성된다.

VEG 내의 모든 차량들은 같은 무선도달거리에 포함되어 있다. 그렇기 때문에 한 번의 메시지 전송으로도 그룹 내의 모든 차량들이 동시에 메시지를 수신할 수 있다. 위험상황을 감지한 차량에서 발생한 긴급메시지는 무선도달거리가 허용하는 범위 안에 포함된 모든 후미 차량에 전달되고, 메시지를 수신한 차량들 중 적정위치에 있는 한 차량이 수신한 긴급메시지를 후위로 재전송한다. 이와 같은 재전송과정이 반복되면서 긴급메시지는 명시된 홉 거리만큼 전파된다.

그림 1은 긴급메시지가 전송되면서 생성되는 VEG를 보이고 있다. 형성된 VEG는 차량의 이동방향을 고려하고 있기 때문에 무선전송반경의 앞부분은 중복수신으로 처리되어 의미가 없으므로 각각의 무선전송범위의 반원 부분만 표시한다. 차량 A가 생성한 긴급메시지는 B, C, D, E차량이 동시에 수신하고, 이들 중 적당한 위치에

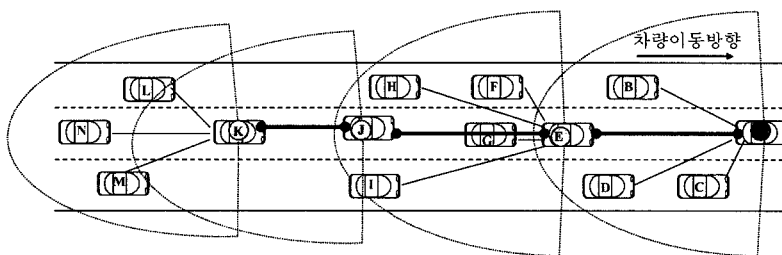


그림 1 VEG 형성

있는 차량 E가 긴급메시지를 재전송한다. 차량 F, G, H, I, J 차량들이 메시지를 수신한 후, 적정위치에 있는 차량 J가 재전송하고, 이 후 차량 K까지 전달된다.

각각의 차량은 자신의 위치에 따라 우선순위가 부여되고, 우선순위가 가장 높은 차량이 VEGH가 된다. VEGH 선정에 대해서는 다음 절에서 자세히 다루도록 한다. 선정된 VEGH는 긴급메시지를 곧바로 재전송하고, VEG에 속하는 나머지 차량들은 재전송 이미 이루어진 사실을 감지하고 난 후 곧바로 재전송을 위한 모든 과정을 중지한다.

VEG은 차량이 이동하는 도로를 따라 무선전송 범위에 의해서 임시적으로 생성되는 그룹이다. 차량의 이동속도가 빠르고 시시각각 그 위상이 변하기 때문에 그룹에 포함된 차량 멤버들 사이에서는 그룹 관리를 위한 추가적인 정보교환을 하는 것은 매우 비효율적이다. 제안된 방법에서는 이웃 차량과 추가적인 정보교환 없이 각 차량은 자신의 위치정보만을 이용 그룹을 형성한다.

3.2 VEGH 선정

각 VEG는 그룹마다 하나의 대표 차량이 선택되고 그 대표차량을 VEGH라 한다. VEGH는 연속적인 차량행렬 사이에서 긴급메시지의 전달 책임을 갖는다. VEGH는 그룹 간 메시지를 전달하기 위한 게이트웨이의 역할을 수행한다. 빠른 차량의 이동속도와 다양한 도로 주변상황을 고려하며 그룹이 생성되기 위해서 VEGH는 차량의 현재 위치에 근간해서 실시간으로 선정된다.

그룹 내에서 대표자를 선출하기 위해서 응급 메시지를 생성한 차량이나 재전송을 담당할 VEGH들은 전송할 메시지에 자신의 이동벡터-현재위치, 속도, 이동방향-와 그 벡터를 기준으로 가장 이상적인 다음 VEGH의 위치 DP를 메시지에 포함시켜 전송한다. 긴급메시지를 수신한 차량들은 자신의 이동벡터와 메시지에 포함된 메시지 발송자의 이동벡터를 비교하여 메시지의 유효성을 구분하고, DP와 자신의 위치 사이의 직선거리에 비례하게 재전송 지연타이머를 설정한다.

안정적인 재전송을 위해서 VEGH 간격이 너무 가깝거나 멀게 선정된다면 전송효율성, 중복 수신현상 그리고 신호의 안정성 등이 많이 떨어지게 된다. 따라서 수신 신호가 비교적 안정적인 구간 안에 다음 세대

VEGH가 선정되는 것이 바람직하다. 본 논문에서는 DP의 위치를 메시지를 전송하는 차량의 이동방향의 반대 방향의 무선전송거리 안쪽에 설정한다. 차량용 무선 네트워크 기술은 무선LAN 기술을 기반으로 설계되었기 때문에, 무선LAN 기술과 많은 유사성을 가지고 있다 [1]. 본 논문에서는 무선전송거리를 250m로 IEEE802.11 무선LAN과 같다고 가정하고 있다.

그림 2에서는 긴급메시지를 발생한 소스차량, 그 차량이 선정한 DP의 위치 그리고 주변 차량들의 상대적인 위치를 보이고 있다. 차량 A가 보낸 메시지는 무선 전송거리 안에 포함된 차량 B, C, D가 수신한다. 각 차량은 메시지에 포함된 차량 A의 이동벡터와 자신의 이동벡터를 비교한다. 각 차량들은 DP로부터 자신의 현재위치의 직선거리를 계산하고, 자신의 재전송타이머를 거리에 비례하여 설정한다. 그림 2에서보면 차량 C가 DP로부터 가장 가까이 위치하기 때문에 가장 짧은 지연시간을 갖는다. 차량 C의 타이머가 종료되면, 차량 C는 헤더선언 옵션이 설정된 긴급메시지를 재전송하여 이웃하는 다른 차량에게 자신이 VEGH로 선정되었음을 알린다. 이웃하던 차량들은 해당 VEG의 헤더가 이미 선택되었기 때문에 재전송과정을 중지시킨다.

차량의 위치에 근거한 VEGH선정 방법은 기존의 랜덤선정 방식보다 안정적이며 효과적인 그룹을 형성하는데 이점이 있다. 각 차량들의 위치에 따라 DP와 거리의 차가 발생하고 이를 재전송타이머의 시간 설정에 사용함으로써 논리적인 우선순위를 부여하고 있다. 각 차량의 재전송타이머는 서로 독립적이기 때문에 VEGH 선정에 있어 백업기능을 포함하고 있다. 다시 말해서 우선순위가 높은 차량이 재전송을 수행하지 못했을 때, 자연스럽게 다음 우선순위를 가진 차량이 VEGH로 선정되어 무선 노드의 문제로 말미암아 일시적으로 발생할 수 있는 통신장애 현상도 극복할 수 있다. 그리고 무엇보다도 그룹의 헤더를 선출하기 위하여 이웃 차량들과 정보교환을 필요로 하지 않기 때문에 무선의 효율성 증대와 함께 차량의 정보 노출을 최소화하여 프라이버시 문제를 고려하고 있다.

3.3 긴급메시지 전파 프로토콜

제안된 프로토콜은 VEG를 이용하여 일정거리에 위치

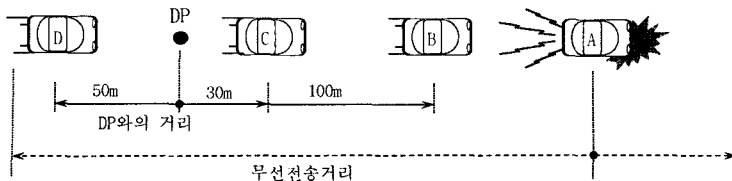


그림 2 거리에 기반한 VEGH 선정

한 모든 차량들에게 긴급메시지를 전달하는 브로드캐스트 형태의 프로토콜이다. 그룹이 형성되는 과정과 그 과정에서 VEGH가 선출되는 과정을 보임으로서 프로토콜의 진행과정을 보인다. 패킷의 효율성을 위해서 헤더선언 메시지는 재전송하는 긴급메시지의 헤더에 추가하여 전달함으로써 헤더선언과 동시에 재전송까지 수행하는 piggyback 방식을 사용한다.

프로토콜 단계

- 1) 사고차량은 자신의 이동벡터와 다음 VEGH선정을 위한 DP 값을 포함하여 메시지를 생성하고 긴급메시지를 전송한다.
- 2) 각 차량들은 수신한 긴급메시지에 포함된 송신자의 이동벡터와 자신의 이동벡터를 비교하여 메시지 유효성을 체크한다. 다른 도로에서 발생한 메시지나 사고차량보다 전방차량의 메시지, 중복된 메시지를 검사한다.
- 3) 유효한 메시지가 수신되었을 경우, 메시지를 기록하고 DP와 자신의 현재위치의 직선거리를 비교하여 그 거리에 비례하여 재전송타이머를 설정한다.
- 4) DP와 가장 가까이 위치한 노드가 가장 먼저 헤더선언을 포함한 긴급메시지를 브로드캐스트한다. 해당 VEG의 그룹헤더가 이미 선정되었으므로 나머지 노드들은 수신모드로 대기한다. 긴급상황이 해제되기 전까지 사고차량은 주기적으로 긴급메시지를 발생시키고, 일련의 메시지에 대하여 선정된 VEGH는 후위로 그 메시지들을 재전송하는 역할을 수행한다.
- 5) 명시된 TTL(Time To Live)까지 반복적으로 VEGH가 선정되며 연속된 VEG가 형성된다.

1단계에서 응급상황이 발생하고 사고차량이 긴급메시지를 발송하면 메시지를 동시에 수신한 차량들은 1세대 VEG에 속한다. 2단계에 이르러 긴급메시지를 수신한 1세대 차량들은 긴급메시지의 유효성을 검사한다. 이동벡터를 이용하여 메시지를 차량 전후 위치와 이동방향을 비교하여 메시지의 수용여부를 검사하고 소스차량의 ID와 메시지의 순차번호를 이용하여 중복수신을 검사한다. 수신한 긴급메시지가 유효할 경우 3단계로 넘어가며 각 차량은 메시지에 포함된 DP와 자신의 위치를 비교하여

거리에 비례하게 재전송타이머를 설정한다. 4단계에서는 제안된 VEGH 선정 방법에 의해서 DP와 가장 가까운 차량이 헤더선언이 포함된 긴급메시지를 재전송한다. 이 메시지는 1세대 VEG에 속한 차량들에게는 우선순위가 높은 차량이 헤더로 선언되었음을 알리는 역할을 하고, 처음 메시지를 받은 후방의 차량들에게는 2세대 VEG를 형성하는 역할을 한다.

긴급 메시지가 후방으로 재전송 제한된 홑 수까지 2단계에서 4단계까지 반복되면서 연속적인 VEG들이 형성된다. 형성된 VEG는 사고차량이 긴급메시지를 주기적으로 계속 발생시킬 동안 유지된다.

그림 3은 응급상황이 발생하고 난 후 긴급메시지가 전송되면서 생성한 VEG의 예를 보이고 있다. 소스차량 S는 위험을 감지하고 곧바로 1차 DP 선정하며 긴급메시지를 브로드캐스트한다. 그 긴급메시지에 의해서 1세대 VEG가 생성되고 DP 주변의 차량 A, B, C, D, E 중에서 차량 D가 DP와 가장 가깝기 때문에 긴급메시지를 재전송하면서 1세대 VEGH로 선정된다. 차량 D가 브로드캐스트한 긴급메시지를 수신한 차량들은 2세대 VEG를 형성하고, 2차 DP와의 거리에 의해서 2세대 VEGH 선정한다. 2세대 VEG에서는 2차 DP와 가장 가까운 차량 G가 VEGH로 선정되어 긴급메시지를 재전송한다.

4. 프로토콜 성능 평가

본 절에서는 제안된 프로토콜의 성능을 평가하기 위하여, 차량이동 환경을 모델링하고 네트워크 시뮬레이션을 통하여 성능을 측정한다. 차량이동 모델은 고속도로 이동패턴을 이용하고 네트워크 시뮬레이션은 NS-2[11]를 이용하고 있다.

4.1 시뮬레이션 환경

제안된 프로토콜은 이동 중인 차량간의 무선 통신을 가정하고 있기 때문에, 노드들의 이동 패턴이 MANET [4]에서의 노드 이동 패턴과 다르게 설정한다. 시뮬레이션이 시작할 때 차량들은 같은 길이의 도로의 서로 다른 위치에서 시작한다. 차량의 대수가 증가할수록 차량의 밀집도는 증가한다. 시뮬레이션이 진행되는 동안 모

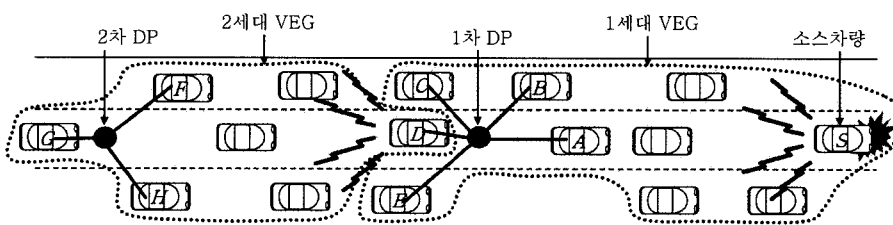


그림 3 연속적인 VEG 형성

든 노드들은 같은 방향으로 이동하지만 각각 다른 속도로 이동하며 주기적으로 변속을 수행한다. 노드들의 위상은 지속적으로 변하며, 편도 4차선 도로를 가정하고 있어 속도가 빠른 차량은 속도가 느린 차량을 추월하면서 이동한다. 긴급메시지는 전달 홉 수를 '5'로 제한한다. 프로토콜의 성능을 평가하기 위해서 긴급메시지는 급브레이크와 같은 특이 상황을 가정하고 시뮬레이션이 진행되는 동안 동일 차량에서 임의의 시간 간격으로 총 '10'회 발생시킨다.

표 1은 시뮬레이션에 사용된 파라미터를 나타내고 있다. 차량용 무선네트워크가 IEEE 802.11a를 기반으로 설계되었기 때문에 시뮬레이션에서는 전송프로토콜로는 802.11a MAC 프로토콜을 사용하였다. 긴급메시지의 크기는 200바이트로 설정하였고 30초간 시뮬레이션을 수행하였다.

표 1 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
차량의 수	30~100 대
차량의 속도	80~120 Km/h
긴급 이벤트의 개수	10 개
MAC 프로토콜	802.11a MAC
긴급메시지 사이즈	200 Bytes
긴급메시지의 TTL	5 홉
무선도달거리	250 미터
시뮬레이션 시간	30 초

본 시뮬레이션에서는 제안된 프로토콜과 그룹을 수행하지 않는 NB 프로토콜[6] 그리고 랜덤그룹 개념을 사용하고 있는 IB 프로토콜[10]을 비교한다. 제안된 프로토콜의 특성을 보여주기 위하여 그룹 사이의 거리를 200m로 설정하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션의 결과 전송 패킷의 수, 메시지 효율성, 최종홉에서의 지연시간, 메시지 전파 완료시간의 관점에서 분석한다. 편의상 NB 프로토콜은 'NB'로, IB 프로토콜은 'IB'로 표시하고, 제안된 차량동위그룹을 이용한 프로토콜은 'VEG'로 표시하고 있다.

- 전송 패킷의 수

그림 4는 시뮬레이션이 진행되는 동안 네트워크 전체에서 발생한 긴급메시지의 수를 보이고 있다. 그룹 개념을 사용하지 않는 NB에서는 모든 차량들이 최소 1회의 재전송을 수행하기 때문에 네트워크에 참여하는 차량의 수가 증가함에 따라 비례하여 증가한다. IB은 랜덤으로 가상그룹이 형성되면서 전송되어 불필요한 전송이 줄어들어 차량 수의 증가에 매우 둔하게 증가되는 현상을 보인다. 제안된 방법을 이용하는 VEG는 IB의 50% 수

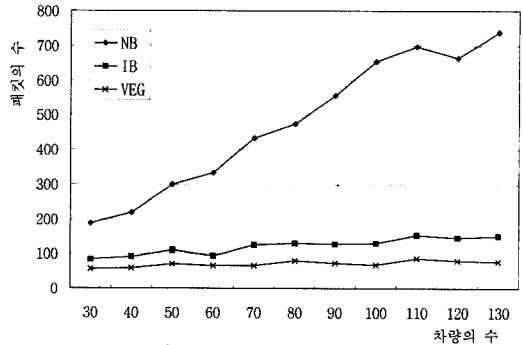


그림 4 긴급메시지 전송 횟수

준의 패킷만을 사용해서 긴급메시지를 필요 영역에 전파하였다. 동일한 무선 네트워크에서 패킷의 수가 적으면 무선 자원의 가용성이 늘어날 뿐만 아니라 긴급메시지 전송에 있어 잠재적인 패킷충돌 가능성을 줄일 수 있어 전송 신뢰도를 높일 수 있다.

- 패킷의 효율성

그림 5는 수신메시지 중에서 유효메시지의 수의 비율을 나타내고 있다. 유효메시지는 각 차량이 새로운 이벤트에 대한 정보를 처음 수신한 메시지를 말한다. 만약 임의의 노드에서 똑같은 메시지를 5회 수신하였을 경우, 처음 메시지는 유효패킷이고 나머지 4회의 메시지는 중복패킷이 된다. 이때의 유효패킷의 비율은 1/5이 되어 20%가 된다. 가장 이상적인 확률은 100%이어야 되지만, 제안된 VEG 방법과 IB에서는 최소 1회의 중복수신을 통하여 'acknowledgement' 기능을 포함하고 있어 최대 50%를 넘지 못한다. 대부분의 프로토콜에서 차량의 수가 증가함에 따라 유효패킷의 비율이 떨어지는 경향을 보이고 있다. NB의 경우 차량 분포가 밀집될수록 5%에 가깝게 떨어져 매우 효율이 낮다. IB도 랜덤은 성능을 보이고는 있지만 VEG프로토콜들보다는 낮은 효율을 보인다.

- 최종 홉 전송소요시간

그림 6은 긴급메시지가 소스차량에서 최초 브로드캐

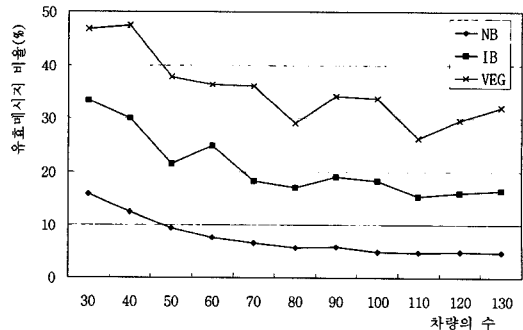


그림 5 수신메시지 대비 유효메시지 비율

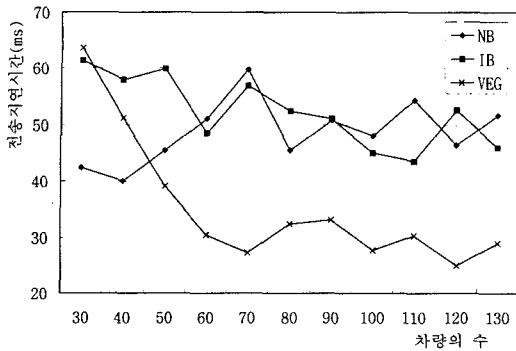


그림 6 최종 홉까지 전송에 소요된 시간

스트된 이후 그 메시지가 마지막 홉까지 도달하는데 걸린 소요시간을 나타내고 있다. NB나 IB의 경우 랜덤에 의해서 무작위 전송이 이루어져 차량 수의 증가와는 관계없이 비슷한 전달지연을 보이지만, VEG는 차량의 밀도가 낮을 때는 약간 높은 지연을 보이다가 차량의 수가 증가함에 따라 오히려 지연시간이 줄어드는 현상이 일어난다. 차량들의 사이가 많이 떨어져 있을 때는 DP와 차량들의 위치 차이가 상대적으로 많아서 지연시간이 길어진다. 차량 밀집도가 높아지면 DP위치와 VEGH사이의 거리가 줄어들 가능성이 높아지기 때문에 상대적으로 낮은 지연시간을 갖게 된다.

4.3 결과 토의

현재 제시되고 있는 차량안전통신을 위한 무선 네트워크 기술은 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)를 기반으로 설계된 IEEE802.11기술을 기반으로 설계되었기 때문에 무선 LAN과 유사한 속성을 보인다[1]. 따라서 네트워크에서 발생한 패킷의 수가 급격히 증가하면 backoff 기능 때문에 전송지연이 발생하게 된다. 제안된 방법에서는 무선 전송환경을 기반으로 실시간으로 생성되는 차량동위그룹을 이용하여 브로드캐스팅형태의 메시지 전파 방법을 개선하고 있다.

시뮬레이션 결과를 살펴보면, 차량안전통신을 위한 요구사항의 모든 측면에서 기존의 방법들보다 좋은 결과를 보이고 있다. 또한 전송한 패킷수를 상대적으로 많이 줄여 무선 네트워크 가용도와 패킷의 효율성이 높아졌다. 거리에 근거한 그룹을 생성함으로써 차량의 밀집도와는 상관없이 거의 일정한 성능을 보이고 있다. 그룹의 크기가 무선 반경의 크기를 반영하며 생성되기 때문에 후방으로 긴급메시지 전달 범위 설정을 위해서 TTL값을 사용할 수 있다. 네트워크에 참여하는 노드들은 이웃 노드와 주기적인 정보교환이 필요치 않고, 그룹 헤더로 선정되는 노드 이외에는 자신의 정보를 최소한으로만 노출할 수 있어 프라이버시의 문제도 고려할 수 있다.

5. 결론

제안된 방법론에서는 메시지에 전송 노드의 이동벡터와 다음 그룹 헤더의 이상적인 위치를 포함하여 전송하면 수신한 노드들이 자신의 이동벡터와 위치값을 비교하여 능동적으로 그룹을 형성해 나간다. 형성된 그룹을 이용하여 통신을 수행함으로써 무선 대역폭의 낭비를 줄여 패킷의 효율성을 높이며, 패킷 충돌의 가능성을 낮추었다. 이웃 노드간 위치교환 과정이 필요치 않고, 불필요한 정보를 노출할 기회를 줄였다. 무선 환경에 근거해 그룹이 생성되기 때문에 메시지의 TTL을 조절을 통해서 전파 영역을 조절할 수 있다.

시뮬레이션 결과에서 보듯이, 제안된 방법론은 훨씬 적은 패킷으로, 더욱 효과적으로 빠른 시간 안에 긴급메시지를 전파하였음을 확인했다. 특히 전송 패킷의 수를 획기적으로 줄임으로서 네트워크의 신뢰도를 높였고, 차량의 밀집도의 증가에도 변함없이 거의 일정한 성능을 보여주었다.

참고 문헌

- [1] Q. Xu et al., "Layer-2 Protocol Design for Vehicle Safety Communications in Dedicated Short Range Communications Spectrum," *Proc. of Intelligent Transportation Systems 2004*, pp. 1092-1097, Oct. 2004.
- [2] T. Hasegawa, et al., "A Concept Reference Model for Inter-Vehicle Communications (Report2)," *Proc. of Intelligent Transportation Systems 2004*, pp. 810-815, Oct. 2004.
- [3] W. Chen and S. Cai, "Ad Hoc Peer-to-Peer Network Architecture for Vehicle Safety Communications," *IEEE Communications Magazine*, Vol 43, No.4, pp. 100-107, 2005.
- [4] *IEFT Mobile Ad hoc Networks Working Group*, <http://www.ietf.org>
- [5] M. Sun, et al., "GPS-Based Message Broadcast for Adaptive Inter-Vehicle Communications," *Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference on 2000*, Vol. 6, pp. 2685-2692, Sep. 2000.
- [6] ASTM, Standard Specification for Telecommunications and Information Exchange Between Roadside and Vehicle Systems - 5GHz Band Dedicated Short Range Communications (DSRC) Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, *ASTM E2213-03*, Sep. 2003.
- [7] C. Perkins, et al., "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *IETF RFC 3561*, Jul. 2003.
- [8] D. B. Johnson, et al., "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)," *IETF RFC 4718*, Feb. 2007.
- [9] T. Fukuhara and T. Warabino, "Broadcast Methods

for Inter-Vehicle Communications System," *Proc. of IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 2252-2257, Mar. 2005.

- [10] S. Biswas, et al., "Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 44, Issue 1, pp. 74-82, Jan. 2006.
- [11] *Network Simulator Version 2.29*, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>



유 석 대

2000년 전북대학교 컴퓨터과학과 졸업(학사). 2002년 전북대학교 전산통계학과 졸업(석사). 2007년 전북대학교 컴퓨터통계정보학과 졸업(박사). 2007년 2월~현재 전북대학교 박사후과정. 관심분야는 차량안전통신, 에드혹 네트워크, 센서네트워크, 이동컴퓨팅



조 기 환

1985년 전남대학교 계산통계학과 졸업(학사). 1987년 서울대학교 계산통계학과 졸업(석사). 1996년 영국 Newcastle 대학교 전산학과 졸업(박사). 1987년~1997년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1997년~1999년 목포대학교 컴퓨터과학과 전임강사. 1999년~현재 전북대학교 전자정보공학부 부교수. 관심분야는 이동컴퓨팅, 컴퓨터통신, 무선 네트워크 보안, 센서 네트워크, 분산처리시스템