

# 차량안전통신을 위한 줄기와 가지 구조를 이용한 긴급 메시지 전파 방법

정회원 유석 대\*, 조 기 환\*\*

## An Emergency Message Propagation Method with Stem and Branch Structure for Vehicle Safety Communication

Suk-dea Yu\*, Gi-hwan Cho\*\* *Regular Members*

### 요 약

같은 도로를 달리고 있는 차량들 사이에서 긴급메시지를 이용하여 긴급정지, 사고, 방해물, 차량 고장 등의 위험 관련 정보를 교환하는 고도화된 차량안전 시스템을 구축할 수 있다. 차량의 고속 이동성으로 말미암아 네트워크 위상 변화가 심하고, 미리 설정된 연계성이 없는 상태에서 전달되기 때문에, 브로드캐스팅의 형태로 긴급메시지를 전파하고 있다. 하지만, 다중 홉의 영역과 무선 충돌 문제로 말미암아 효율성에 많은 문제점이 제시되고 있다. 차량안전통신을 위한 메시지 전달 방법으로 본 논문에서는 줄기와 가지 구조를 이용하는 선별적 재송신 방법을 제시한다. 제안된 방법은 같은 도로를 이동 중인 후방의 차량들에게 네트워크 플러딩과 유사한 방법으로 메시지를 전파하나 적절한 위치의 노드에게 높은 우선순위 부여하는 선택적인 전달 방법으로 메시지 전달의 효율성을 극대화 한다. 본 논문에서 제시한 방법과 유사연구를 비교하여 성능을 분석, 평가한다.

**Key Words** : Broadcasting, Vehicle Safety Communication, Stem And Branch, Selective Forwarding, Emergency Message

### ABSTRACT

An advanced vehicle safety system can be constructed by exchanging danger-related information ,such as urgency stop, traffic accident, obstacle, and car trouble, among the vehicles. However, because network topology changes rapidly and frequently due to the mobility of vehicles, it is impossible to configure the network for information forwarding in this environment. In the most of vehicle safety communication applications, an emergency message is propagated in a form of broadcasting. The simple broadcasting causes a lot of problems in terms of efficiency due to multi-hop area and radio collision problem. This paper proposes a method of selective message forwarding with stem and branch structure for propagating the emergency messages. However, the proposed method raise the efficiency of message transmission with the selective forwarding based on the priority assignment as its location. We analyze and evaluate the performance by comparing the proposed scheme with other schemes that are presented in the paper.

### I. 서 론

운행 중인 차량은 도로의 사정이나 운행 중 차량

의 결함, 차량간의 사고 등으로 탑승자의 생명을 위협하고 있다. 특히 운전자의 시야가 완전히 확보되지 않는 상황에서는 단순한 위험요소들이 커다란

\* 전북대학교 컴퓨터통계정보학과 (sdyu@dcs.chonbuk.ac.kr), \*\* 전북대학교 전자정보공학부 (ghcho@dcs.chonbuk.ac.kr)  
논문번호 : KICS2006-01-030, 접수일자 : 2006년 1월 16일, 최종논문접수일자 : 2007년 1월 22일

자동차 사고로 이어질 수 있다. 이와 같은 상황에서 자동차 제조사들은 탑승자의 안전을 확보하기 위해서 사고가 발생했을 때 탑승자를 보호하는 피동적인 안전 시스템 개발에 역점을 두고 있다. 에어백 시스템, 구겨지는 차체구조, ABS(Anti-lock Braking System), 충돌감지 시스템, 차량자동안정화시스템 등을 예로 들 수 있다. 이러한 피동적인 안전 기능들은 피해상황을 최소화 하는 목적을 두고 있기 때문에 직접적인 사고 발생을 감소에는 큰 영향을 미치지 못하고 있다.

최근 무선 기술의 발달에 힘입어 고속으로 이동 중인 기기에서도 무선 네트워크 구축이 가능한 통신 기술들이 속속들이 나타나고 있다. 이동 중인 차량간의 통신은 그 필요성과 효율도 면에서 긍정적인 의견이 제시되고 있고, 근래에 들어 독자적인 영역으로 분리되어 활발한 연구가 진행되고 있다. 이러한 무선 통신 기술들을 ‘차량 간 통신 IVC (Inter-Vehicle Communication)’이라 한다. IVC를 이용한 교통정보 연계, 차량 플래투닝, 교차로 통행 제어, 진입점 차량 진입 제어, 차량 안전 관련 정보 전달 등의 다양한 응용모델이 제시되고 있다<sup>[1]</sup>. 특히 북미의 ITS (Intelligent Transportation Service) 사업을 위해 기본적으로 IVC 기술을 고려하고 있다<sup>[2]</sup>.

IVC 기술 중 차량의 안전과 관련된 통신 방법은 다른 응용들과 달리 엄격한 요구사항을 제시하고 있다<sup>[3]</sup>. 즉, 넓은 대역폭과 고속의 데이터 전송이 목적인 여타의 무선 통신기술과는 다르게, 낮은 전송 지연과 높은 메시지 전달 신뢰도가 더 요구된다. 특히 현존하는 무선 네트워크 기술 중 조건에 만족하는 통신 기술을 이용하여 운행 중인 차량 간에 안전과 관련된 정보들을 주고받음으로써 차량사고를 미연에 방지할 수 있는 연구가 진행되고 있다<sup>[2]</sup>. 이러한 기술을 ‘VSC(Vehicle Safety Communications : 차량안전통신)<sup>[4]</sup>’이라하고 일반적인 IVC에서 특화된 기술로 분류되어진다.

VSC 기술에 관련된 기술은 북미와 유럽의 자동차 회사 중심으로 진행되고 있다. 북미의 ITS America VII (Vehicle-Infrastructure Integration)는 5.9GHz 대역의 IEEE 802.11a/RA<sup>[5]</sup> 기술을 이용하여 차량용 무선 기술인 WAVE (Wireless Access in Vehicle Environment)<sup>[6]</sup> 기술에 대한 연구를 진행하고 있다.

고속으로 이동 중인 차량간의 통신은 기존의 MANET (Mobile Ad hoc Network)<sup>[8]</sup>과는 특성이

상이하기 때문에 VSC를 위한 통신방법으로 MANET의 프로토콜들은 적당하지 않다. 특히 고속으로 이동 중인 차량간의 통신이기 때문에 시간적인 전송지연은 VSC의 효율성을 매우 떨어뜨린다. 그렇다고 전송지연을 줄이기 위해서 단순한 브로드캐스팅 방법을 통해 차량 간 1:1 전송 수행한다면 결국 패킷 충돌과 필요이상의 중복전송이 일어나 엄격한 VSC의 요구사항을 만족할 수 없게 된다. 이로 인해 도로를 달리는 차량들은 관리가 가능한 적절한 크기로 그룹화 할 필요성이 있다. 그러나 적절한 그룹의 생성을 위해서 MANET에서 도입하고 있는 다양한 클러스터링 기법을 적용한다면, 고속의 이동성 때문에 클러스터의 안정도가 떨어지고, 클러스터간의 상호 연계성 저하를 유발하게 된다. 또한 클러스터 구조를 유지하기 위한 추가적인 부담도 안게 된다.

따라서 본 논문에서는 차량들의 위치 정보의 도움을 받아 별도의 클러스터나 그룹을 별도로 관리하지 않고 전달할 메시지가 발생했을 때만 실시간으로 생성되는 줄기와 가지 구조 (Stem and Branch Structure)를 이용하는 전달 방법을 제시한다. 각 차량에서는 수신한 긴급 메시지에 포함된 정보와 현재 자신의 정보를 이용하여 각자의 판단에 의해서 선출이 가능한 선별적 재전송 방식에 의하여 효율적으로 차량안전메시지 전달하는 방법을 제시한다.

본 논문의 내용은 다음 순서로 구성되어있다. 2장에서는 연구배경과 본 논문과 관련된 다른 연구를 소개하고, 3장에서는 VSC를 위한 메시지 전달 구조에 대해서 살펴본다. 4장에서는 본 논문과 관련된 연구를 비교 평가하고 5장에서는 결론을 내린다.

## II. 연구배경 및 관련연구

같은 도로를 주행하는 차량들 특별한 상황이 아니고선 서로 연계성이 없다. 또한 차량들이 고속으로 이동 중이기 때문에 차량 위상은 시시각각으로 변한다. 이러한 상황에서 무선 도달거리 이내에 있는 차량들에게 한꺼번에 정보를 전달하기위해서 브로드캐스트 형태의 정보전달 방법이 가장 널리 사용되고 있다. 본 절에서는 VSC를 위해서 브로드캐스트 형태의 정보전달 방법을 개선할 필요성과 그와 관련된 연구들을 살펴본다.

### 2.1 브로드캐스팅 방법 개선의 필요성

무선 매체를 이용하여 서로 연계성이 없는 차량

들 간에 정보전달을 위해서 순수 브로드캐스팅 방식의 정보전달 방법이 사용될 수 있다. 유선 통신 방법과 다르게 무선 매체는 전파가 도달하는 거리에 포함된 모든 차량과 충돌 현상이 발생할 수 있고, 또한 잠재적인 무선 통신의 공통적인 문제인 'hidden terminal 문제'<sup>9)</sup>를 안고 있다. 이러한 순수 브로드캐스트 형태의 전달 방법은 VSC에서 필요로 하는 신뢰성과 제한된 지연시간 등의 요구사항을 구조적으로 만족할 수 없다. 그렇기 때문에 기존의 브로드캐스팅을 활용하는 플러딩 방식과는 다르게 VSC의 요구사항을 만족하는 정보전달 방법이 필요하다.

도로 위를 운행하는 자동차의 경우 같은 방향으로 진행하며, 전후 차량간은 비슷한 속도로 진행되는 것이 일반적인 경우이다. 차량 안전을 위해서 정보전달을 바로 뒤의 차량에게만 전달되는 1:1 릴레이 방식의 메시지 전달은 일시적으로 그 차량 부근에서 무선 정보의 폭주현상을 일으켜, 오히려 실제 정보전달에 많은 악영향을 끼친다. 무선 방식의 가장 큰 장점으로 무선 도달거리 이내에 있는 노드들은 특별한 기술을 적용하지 않아도 자연스럽게 모두 정보를 동시에 수신할 수 있다. 다시 말해서 상호 연계성이 없는 차량들 간의 정보 전달은 브로드캐스팅의 형태를 취해야 한다. 도로의 상황을 고려하고 VSC의 요구조건을 만족하기 위해서 브로드캐스팅의 형태로 전파된 정보를 후위에 있는 어느 차량이 다시 브로드캐스팅하여 네트워크를 구성하는 모든 노드들에게 신뢰성있게 정보가 전달되도록 하는 '선택적 재전송' 방법론을 제시할 필요성이 있다.

## 2.2 관련 연구

VSC를 위한 선별적 재전송 방법론으로는 크게 정보전달 구조를 미리 생성하고 메시지를 전파하는 방식과 실시간으로 정보전달 구조를 생성해 메시지를 전파하는 방식으로 나누어진다. LPG(Local Peer Group) 프로토콜<sup>3)</sup>과 TRADE (TRAck DETection) 프로토콜<sup>10)</sup>은 전자의 방식이고, DDT (Distance Defer Transmission) 프로토콜<sup>11)</sup>은 후자의 방식이다.

LPG 프로토콜<sup>3)</sup>은 VSC를 위한 차량 그룹 방법에 대해서 논의하고 있다. 무선 운용이 비교적 열악한 운행 중인 차량사이에서 VSC의 엄격한 요구사항을 만족하기 위해서, 이웃하는 다수의 차량을 하나의 그룹으로 묶어 그룹 내와 그룹 외를 구분하는 통신 방법을 제시하고 있다. 그룹 내의 통신은 네트워크 보다 하위의 계층의 도움을 받아 신속하게 전

송하고, 그룹 외의 통신은 네트워크 계층 프로토콜의 도움을 받아 느슨한 시간 제약을 가지고 통신을 수행한다. 그러나 여러 차량들을 하나의 그룹으로 묶어 관리를 하게 됨으로써 발생하는 문제로 그룹 내부에 포함된 차량들의 전후 순서를 관리할 필요성이 생기게 되었고, LPG 프로토콜에서는 이를 위해서 그룹 내의 차량 간 상대적 순서를 부여하는 기능을 포함시켜 놓았다. 그룹에 소속된 차량들이 상대적 순서의 무결성을 보장하기 위해서 주기적으로 이웃 차량과 자신의 위치 값을 교환하는 과정을 거치고 있다. 이러한 그룹내부의 관리와 함께 메시지 전달의 효율성을 얻기 위해서 그룹 내의 상대적 순서가 같은 차량들을 동위셀(Equivalent Cell)을 형성하여 각 셀에서 대표가 헤더로 설정되고 나머지 차량들은 헤더와의 통신을 통해서 메시지를 전달하는 계층화된 전달구조를 포함하고 있다.

TRADE 프로토콜<sup>10)</sup>은 차량 간 통신을 위하여 이웃 차량의 위치정보를 이용하고 있다. 자신의 통신 반경 범위 안에 있는 차량들과 주기적인 위치교환을 통해 같은 이웃을 같은 도로를 달리지 않는 차량, 같은 도로를 달리는 차중 자신의 앞에 있는 차량, 같은 도로를 달리는 차중 자신의 뒤에 있는 차량의 세 가지 범주로 구분해 놓는다. 자신의 앞 방향과 뒤 방향에 대하여 각각 가장 멀리 있는 두 차량을 '경계선 차량'으로 설정하고 이 차량의 ID를 포함하여 메시지를 브로드캐스팅한다. 선택된 차량을 제외한 모든 차량은 메시지를 듣기만하고 선택된 경계선 차량만 메시지를 다시 브로드캐스팅하여 정보 전파를 효과적으로 수행한다.

DDT 프로토콜<sup>11)</sup>은 TRADE 프로토콜<sup>10)</sup>이 가지는 주기적인 위치정보 교환의 필요성을 제거한 정보전달 방법이다. 자신의 위치 정보 값을 메시지에 포함시켜 전송함으로써 자신과의 거리 정보를 수신한 차량에서 각자 모니터링하고 송신 차량과 거리 반비례하는 대기 시간 후 메시지를 재전송하는 방식을 취한다. 다시 말해서 송신 차량과 거리가 먼 차량일수록 짧은 대기시간을 갖게 한다. 이때 전방향으로 효과적으로 전달되기 위해서 송신 차량과 재송신 차량 사이에 위치한 차량과 그 주변에 위치한 차량들은 수신 가능한 메시지들을 계속 모니터링하여 자신이 재전송할 필요성이 있는지, 주변 노드의 전송 범위를 고려하여 결정한다.

## 2.3 연구배경 및 전체

차량 안전 통신을 위해서 순수 브로드캐스팅 방

법은 무선 충돌 현상에 의해 안전 관련 정보 전달에 부적합하다. 이 때문에 차량에서 정보 전파를 위해서 브로드캐스팅을 개선한 선별적 전송 방법이 제시되고 있다. 그러나 LPG 프로토콜<sup>[3]</sup>은 동위셀 안에서 셀의 헤더를 선택하는 구체적인 방법이 제시되지 않았고, 상대적인 순서를 알아내기 위해서 주기적으로 위치 값을 주변 차량과 교환해야하는 문제가 있다. TRADE 프로토콜<sup>[10]</sup> 역시 메시지 재전송을 위해 선택할 경계선 차량을 알기 위해서 주기적인 위치정보 교환을 통하고 있다. DDT프로토콜<sup>[10]</sup>은 위치 정보 교환은 필요치 않으나 정보가 전파되는 시점에는 재전송 차량의 위치에 대한 실시간 파악과 위상에 따라 불필요한 패킷 재전송이 발생하여 오버헤드가 크다.

시시각각 변하는 차량들의 위상으로 말미암아 논리적인 위상구조는 실제 차량의 배치와는 차이를 보이게 된다. 다시 말해서 실시간적인 특성을 갖지 않는 관리 방법은 실제 도로위의 차량들 사이에서는 문제를 일으킬 수 있는 소지가 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 실시간으로 생성할 수 있는 메시지 전달 구조가 필요하다.

제안된 방법에서는 정보전달 구조를 생성하기 위하여 차량의 위치정보를 이용하기 때문에, GPS (Global Positioning System)와 같은 이동차량에 설치 가능한 비교적 정확한 측위 시스템이 포함되어 있다 가정한다. 또한 하부의 전송계층은 고속의 이동성을 지원하는 무선 전송기술을 이용하여 무선랜과 유사한 통신 환경 제공하고 한 홉 간 브로드캐스팅은 CSMA(Carrier Sense Multiple Access)와 같은 기법을 통하여 무선 범위 안에서 충돌이나 간섭이 없이 모든 차량에게 무사히 전달됨을 가정한다.

### III. 줄기와 가지 구조를 사용하는 메시지 전달 방법

VSC에서 브로드캐스트와 유사한 방식이면서 더욱 효과적으로 정보를 전달할 수 있는 선별적 재전송 방식의 프로토콜을 기술한다. 우선 효율적인 선별적 재전송을 위하여 실시간으로 생성되는 전달구조와 중계 차량의 선출과정을 보여준다. 다음으로 실제 프로토콜을 명세하고 이를 응용하는 예를 보인다.

#### 3.1 줄기와 가지 구조

본 논문에서 제안하는 위치정보를 이용하는 브로

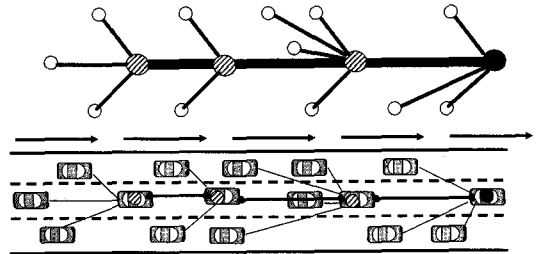


그림 1. S&B 구조와 도로 위의 차량 구성  
Fig. 1. S&B structure and vehicular topology

드캐스팅 개선 방법은 차량안전통신을 위하여 정보 전달방법을 개선한다. 이 개선된 방법은 자신과 이웃의 위치 정보를 교환하지 않는 상태에서, 정보가 발생한 시점을 기준으로 현재 정보 발생차량의 후위로 실시간성을 갖는 전달구조를 생성하여 정보전달에 사용한다. 임시로 생성된 전달구조의 형태가 줄기를 중심으로 세대가 구분 가능한 가지 분기점들을 연결한 모양을 취하고 있기 때문에 제안 방법에서는 이러한 전달 구조를 ‘줄기와 가지 구조’라 명명하고, 영문 약자를 이용하여 ‘S&B 구조’라 한다.

S&B 구조는 메시지를 발생시킨 근원 (Source) 차량을 시작으로 메시지 전달 홉 수에 따라 세대로 구분되며, 포함되는 차량들은 크게 두 부류의 차량으로 나누어진다. 한 세대의 대표가 되어 메시지를 후위로 재전송하는 역할을 수행하는 줄기차량 (Stem Vehicle)과 정보를 피동적으로 수신만 하는 가지차량 (Branch Vehicle)으로 구분된다. [그림 1]은 제시한 S&B 구조와 실제 도로 상에서 차량들에 의해 구성된 S&B 구조를 표현하고 있다. 근원차량으로부터 발생한 차량안전 관련 정보가 적정 거리 안에 있는 모든 후위의 차량들에게 신속하고 신뢰성있게 전달되도록 하기 위해서는 적절한 줄기차량의 선택이 필수적이다.

#### 3.2 줄기차량의 선정

무선 매체의 특성 중 신호의 안정적 전달에 관련된 부분은 수신 신호의 세기와 무선 미디어의 충돌 현상, 주변 환경에 의해서 발생하는 간섭 현상들을 들 수 있다. 본 논문에서는 안정적인 전달을 위해서, 수신 신호의 세기를 고려한 적정거리에 위치한 다음 차량의 선택 방법과 적정거리에 포함되는 여러 차량들 중 단 하나의 차량만 재전송을 성공할 수 있도록 재전송 권한에 대한 우선순위의 개념을 도입하고 있다.

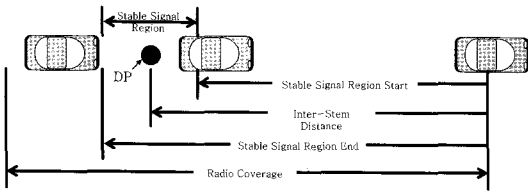


그림 2. DP의 설정  
Fig. 2. DP establishment

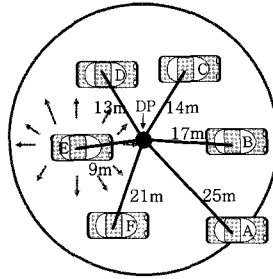
안전관련 정보를 발생시킨 차량을 포함해 이 정보를 재전송 하도록 선택된 줄기차량들 상호간 안정적인 무선 송수신을 위해서 적정거리를 두고 선정한다. 무선 신호의 세기는 일반적으로 거리 제곱에 반비례하여 작아진다. 통상 IEEE 802.11과 같은 무선랜에서는 무선 도달거리는 실내에서 30m, 실외에서는 150m 정도를 예상하고 있으나, 주변 환경에 영향을 받아 실제거리와는 많은 차이를 보인다. 차량에서 사용하는 무선 기술이 무선랜 기술을 기반으로 설계되었기 때문에, 무선랜 기술과 많은 유사성을 가지고 있다<sup>[2]</sup>. 본 논문에서 가정하는 도로환경은 차간 장애물이 그다지 많지 않고 두 차량 사이가 가시거리인 경우가 많기 때문에, 고속으로 이동중인 차량에서 실효성이 있는 차간 통신을 위해 150 ~ 250m 정도의 무선 도달 거리를 기본으로 한다.

정보를 전달하고자 하는 차량은 현재 차량의 이동속도, 이동 방향, 현재의 위치 값을 근거로 무선 도달 거리 이내에 무선 신호가 안정적인 구간을 설정한다. 거리상으로 안정적인 수신세기를 보장하는 위치는 시시각각 상대적인 위치가 변하는 차량들 사이에서 정보를 안정적으로 수신하고 재전송할 수 있는 위치이다. 따라서 현재의 줄기차량은 다음 세대의 줄기차량이 위치하기를 바라는 가장 이상적인 지점인 DP (Designated Stem Vehicle Position)를 포함하여, 정보를 후위에 전달한다. 그림 2는 무선 도달거리 내에서 ‘신호세기 안정 구간’이 설정되고 그 구간 안에 ‘줄기차량간 거리 (Inter-Stem Distance)’에 해당하는 지점을 나타내고 있다. DP는 차량의 현재 상태를 고려해 차량 이동 반대 방향의 줄기차량 간 지정 거리 부근에 설정된다.

$$X_R = \frac{X_0 \cdot \lambda^2}{4 \cdot \pi \cdot d^2} \quad (1)$$

$$d = \sqrt{\frac{X_0}{X_R}} \cdot \frac{\lambda}{2\sqrt{\pi}} \quad (2)$$

$$d_s = \sqrt{\frac{X_0}{X_S}} \cdot \alpha \quad (\text{where } \alpha = \frac{\lambda}{2\sqrt{\pi}}) \quad (3)$$



- Distance :
- A : 25 units delay : 6th priority
  - B : 17 units delay : 4th priority
  - C : 14 units delay : 3rd priority
  - D : 13 units delay : 2nd priority
  - E : 9 units delay : 1st priority
  - F : 21 units delay : 5th priority

그림 3. DP부근에서 다음세대 줄기차량 선정  
Fig. 3. Next stem vehicle selecting near the DP

DP는 송신한 신호가 안정적으로 전달되는 거리에 위치하고 있다. 무선의 초기 송신 세기  $X_0$ dB, 수신신호의 세기를  $X_R$ dB, 안정적인 수신 신호의 세기는  $X_S$ dB, 파장은  $\lambda$ , 거리는  $d$ 라고 했을 때 수신 신호의 세기를 구하는 식(1)에서, 수신 세기에 따른 거리  $d$ 를 식(2)와 같이 구할 수 있다. 여기서 ‘ $\frac{\lambda}{2\sqrt{\pi}}$ ’ 값은 항상 고정되기 때문에 상수 값 ‘ $\alpha$ ’로 대체하면 송신 차량과 DP사이의 거리는  $d_s$ 는 식(3)을 통해 얻을 수 있다. 주변 환경에 따라 변하는 SNR (Signal-to-Noise Ratio)값에 따라  $X_S$  값은 변동적으로 적용이 가능하다. 차량이 많고 주변 환경에 전자기기가 많은 경우에는  $X_S$  값을 높게 잡아 안정도를 높이고, 시외나 고속도로와 같이 한산한 구간에서는  $X_S$  값을 낮게 설정하여 좀더 넓은 무선 영역을 확보할 수 있도록 유동적인 값을 가질 수 있다.

DP부근의 차량들은 잠재적인 줄기차량의 후보들이다. 도로구조를 고려할 때 DP주변은 어느 곳이라도 줄기차량의 후보지로서 충분한 의미가 있으나, DP에 가까운 차량일수록 더욱 줄기차량의 후보로써 더욱 적당하다. 본 논문에서는 이러한 점을 감안하여 잠재적으로 발생할 수 있는 경쟁문제를 DP와 각 차량간의 거리로써 해결한다. 다음 세대의 전달 차량 선정은 수신 메시지에 포함된 DP와 수신한 차량간의 거리에 의해서 자연스럽게 우선순위가 부여되어 선정된다.

메시지를 수신한 각 차량은 DP와 자신의 직선거리를 구하고, 그 거리에 비례하는 만큼의 대기시간을 가진 후 수신한 메시지를 재전송한다. 만약 해당

```

extract information from S&B header
if(is_same_road_vehicle) {
  search message history
  if (is_not_seen_packet) {
    log message's id
    inform the event to application
    check ttl field
    if (is_effective_ttl) {
      calculates delay time
      calculates next DP
      rebuild S&B packet
      packet_forwarding_process on
      delayed send packet(packet,
                          delay time)
    }
    else {
      drop packet
    }
  }
  else {
    if(is_packet_forwarding_process) {
      cancel packet forwarding process
    }
    drop packet
    return
  }
}
else {
  drop packet
}
return
    
```

그림 4. S&B 프로토콜의 의사코드  
 Fig. 4. S&B protocol's pseudo code

메시지를 이미 다른 차량이 재전송했을 경우, 재전송을 위한 모든 과정을 중단하고 수신대기 상태로 전환한다. 우선순위가 높은 차량이 자신의 문제로 재전송을 제시간에 시도하지 못한 경우, 그보다 우선순위가 낮은 차량이 메시지 재전송을 시도하게 되므로, 백업개념을 통해 메시지 전송의 신뢰도를 확보한다. 그림 3에서는 차량 E가 DP에 가장 가까운 거리에 위치해 있으므로 자연스럽게 우선순위가 높게 되어 선위의 줄기차량으로부터 받은 메시지를 재전송한다. 메시지가 매번 재전송 될 때마다 각 줄기차량은 다음 줄기차량 선택을 위한 DP를 새로 계산하여 필요한 값으로 변경한다.

### 3.3 S & B 프로토콜

S&B 전달 프로토콜은 차량안전관련 상황이 발생

했을 때, 이 사실을 일정거리 안에 있는 후속 차량들에게 효과적으로 전달하기 위한 메시지 전달 방법이다. 프로토콜의 가장 중요한 기능은 수신한 메시지를 어떤 기준에 의해서 어느 차량이 재전송할 것인지를 결정하는 것이다. 따라서 프로토콜은 근원 차량으로부터 발생한 메시지로부터 다음 재전송 차량인 줄기차량이 선택되는 과정을 절차적으로 보여준다. 같은 차선의 차량을 구분하기 위해서 방향벡터의 내적을 이용한 차량 분류 방법<sup>[11]</sup>을 이용하고 있다. 그림 4는 프로토콜의 의사코드를 표현한 것이다.

- 1) 근원차량은 메시지에 근원차량 ID, 이벤트 순차번호, 이벤트 종류, 현재 자신의 위치, DP, 방향값, 속도를 포함하여 메시지를 전송한다.
- 2) 메시지를 수신한 차량은 자신의 방향값과 메시지에 포함된 방향값을 비교하여 다른 도로나 반대차선의 메시지는 무시한다.
- 3) 수신한 메시지에 포함된 (근원차량 ID, 이벤트 순차번호)를 이용하여 이미 수신한 메시지인 경우 중복메시지 수신 처리과정을 수행한다.
- 4) 수신한 메시지가 기존에 받은 메시지가 아닐 경우, (근원차량 ID, 이벤트 순차번호)를 기록하고, 메시지의 TTL유효성을 검사한 후 담당 응용에 수신 정보를 알린다. TTL이 유효한 경우에는 처리과정을 시작한다.
- 5) 재전송 처리과정을 위해 필요한 재전송지연값과 다음 DP값을 구한다. 재전송지연값은 DP와 수신 차량의 현재 위치의 거리를 이용하여 지연시간을 계산한다. 거리에 비례하여 가까울수록 낮은 지연을 갖게 된다. 다음 DP 값은 현재 자신의 위치, 속도 그리고 방향을 고려하여 구한다.
- 6) 재전송할 패킷을 준비하고 재전송타이머를 동작시킨다. 재전송지연값이 가장 낮은 차량의 타이머가 정상적으로 종료되면 준비된 패킷을 재전송한다. 그러나 이 과정에서 DP 주변에서 패킷 재전송을 준비하던 차량들은 이미 재전송된 메시지 수신하고 (근원차량ID, 이벤트

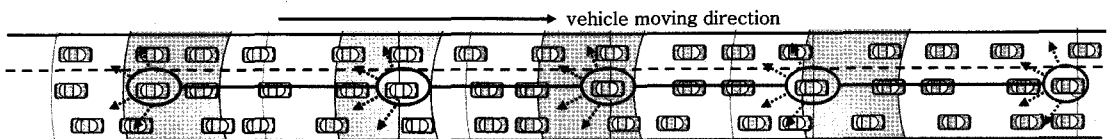


그림 5. 긴급메시지 전파의 예  
 Fig. 5. An example of an emergency message propagation

순차번호)를 확인하여 정보메시지의 중복을 발견하자마자 타이머를 중단시키고 재전송과정을 중지한다.

- 7) TTL값이 허용하는 홉 수만큼 재전송이 반복되어 필요한 영역에 정보가 전달된다.

### 3.4 긴급메시지 전달 예

근원차량으로부터 발생한 차량안전관련 정보메시지는 순차적으로 후미의 차량으로 전파된다. 전파된 메시지는 후미의 차량들 중 일부의 차량들이 줄기차량으로 선택되어 후위로 메시지를 재전송하는 과정을 통한다. 메시지가 가지는 유효성의 거리만큼 신뢰성을 가지고 효율적으로 전달될 수 있다. 각 줄기차량들의 중계과정을 거치는 동안 후미의 차량들은 미리 위험을 감지하고 적절한 차량대책을 세우고 운전자에게 알리어 안전도우미로서의 역할을 수행한다. 그림 5는 4 hop 거리까지 S&B구조가 생성되면서 차량안전 정보가 전달되는 상황을 보여주고 있다. 각 세대의 줄기차량을 중심으로 회색의 띠가 다음 줄기차량이 선택되기 적절한 DP 존을 나타내고 있다.

## IV. 프로토콜 성능 비교 및 평가

본 절에서는 제시한 프로토콜과 차량안전통신과 관련된 기존의 연구들을 비정형적인 비교를 통하여 본 논문의 장단점을 기술한다. 먼저 각 관련 연구들이 가지는 특징들을 살펴보고, 제시한 프로토콜에서는 이에 대응하는 기능을 어떻게 지원하고 있는지 살펴본다. 특히 효율성, 패킷전달 안정성, 전송지연 그리고 각 프로토콜을 유지하기 위한 오버헤드를 중점적으로 비교한다. 여기서 효율성은 수신차량의 안정적 수신을 위해 각 줄기차량으로부터 전송되어야 하는 패킷의 수를 의미하며, 전송되는 패킷수가 작을수록 효율성은 높다.

### 4.1 기존 연구와의 비교

표 1에서는 긴급 메시지를 전달에 사용하는 관련

연구들과 제안된 방법의 개념적 비교표이다.

기본적인 Flooding은 메시지를 수신한 모든 차량에서 메시지를 재전송하는 방법이다. 위치정보를 사용하고 있지 않기 때문에 이웃차량들과 주기적인 정보교환은 필요하지 않으나, 차량이 밀집된 경우 무선 충돌로 말미암아 많은 손실이 발생할 수 있다.

LPG 프로토콜<sup>[3]</sup>은 이웃의 위치정보를 관리하고 주기적으로 교환해야 한다. 동위 셀 단위로 패킷 재전송이 일어나기 때문에 동위 셀의 헤더가 변경되는 중이거나 헤더가 갑자기 사라진 경우 패킷을 분실할 가능성이 있다. 특히 동위 셀을 유지하기 위해서 추가적인 헤더 선출 알고리즘이 구동되어야 하기 때문에 프로토콜이 매우 복잡하다. LPG 프로토콜은 패킷 전달과 별개로 그룹관리를 하고 있기 때문에 전송지연은 발생하지 않으나 무선 도달거리와는 별개로 차량들의 위치를 근간으로 그룹을 형성하기 때문에 많은 중복수신이 발생할 수 있다.

TRADE 프로토콜<sup>[10]</sup>은 LPG 프로토콜<sup>[3]</sup>과 마찬가지로 이웃 차량의 목록을 관리하고 위치정보를 주기적으로 교환한다. 메시지를 전송시 전방향과 후방향에서 무선 도달거리 끝에 있는 경계선 차량을 하나씩 선택하여 재전송을 요청하기 때문에 해당 차량이 무선 도달 범위 바깥으로 벗어나거나 패킷 충돌이나 다른 이유로 패킷을 정상수신 하지 못한 경우 패킷 분실할 수 있다. 무선 신호 범위의 경계선에 위치한 차량들이기 때문에 패킷을 분실할 가망성은 더욱 높게 된다. 데이터를 전송할 때 이용되는 경로는 이미 만들어진 경로이기 때문에 전송지연 없이 곧바로 전송이 가능하다. 무선 신호의 도달 거리를 고려하며 재전송 차량이 선택되기 때문에 패킷 효율은 매우 좋다.

DDT 프로토콜<sup>[11]</sup>은 TRADE 프로토콜<sup>[10]</sup>이 가지는 주기적인 위치정보의 오버헤드를 줄이기 위해서 메시지에 위치정보를 포함하여 재전송하고 메시지가 전달되는 시간에만 위치 값을 추적하여 선택적으로 재전송이 될 수 있도록 만든 프로토콜이다. 도달 범

표 1. 긴급 메시지 전달 프로토콜 비교표

프로토콜	위치정보 사용	위치정보 교환	이웃리스트 관리	패킷 분실가능성	복잡도	전송 지연	패킷 효율
Flooding	No	No	No	No	Simple	No	Poor
LPG[3]	Yes	Yes	Yes	Medium	Complex	No	Bad
TRADE[10]	Yes	Yes	Yes	High	Medium	No	Good
DDT[10]	Yes	No	No	Low	Complex	Yes	Medium
S&B	Yes	No	No	Low	Medium	Yes	Good

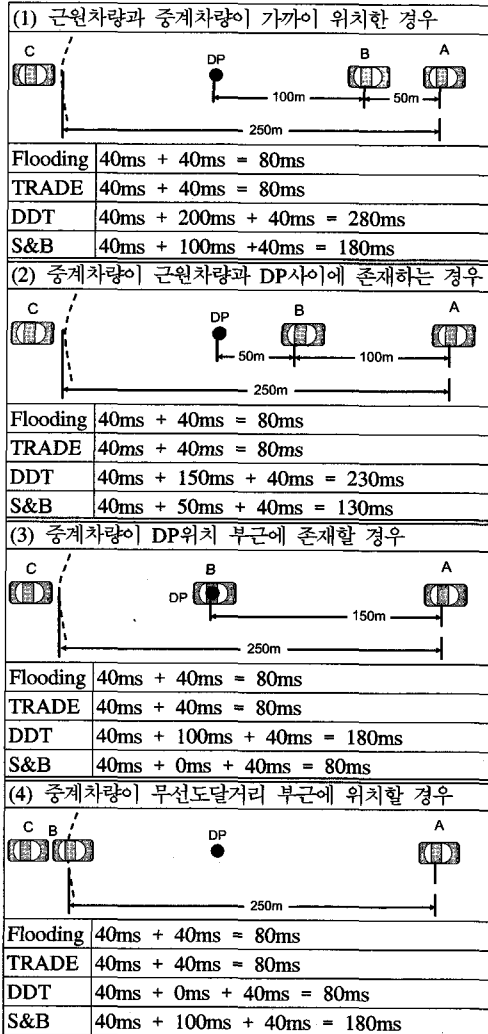


그림 6. 차량의 위치에 따른 패킷 전송에 대한 지연시간  
Fig. 6. Packet transmission delay time by distance between the vehicles

위내의 여러 차량들이 재전송을 시도할 수 있기 때문에 패킷을 분실할 가능성은 그 만큼 줄어드는 대신, 메시지가 전달되는 상황에는 현재 자신의 위치와 메시지를 재전송한 차량들의 위치를 계속 추적하며, 능동적으로 자신의 역할을 파악해야 된다. 다수의 차량이 재전송을 시도하려고 할 때 발생할 수 있는 충돌현상을 막기 위해서 송신차량과의 거리에 반비례하는 지연시간을 갖는다. 재전송된 패킷을 중간에서 듣고 있던 차량들은 자신의 위치와 이전 송신차량의 위치, 재전송 차량의 위치를 고려하여 필요시 재전송을 한다. 한 범위 내에서 여러 번의 재전송 시도가 있을 수 있기 때문에 패킷 분실

의 가망성은 적고 패킷 효율은 줄어든다.

제안된 S&B 프로토콜은 DP라는 다음 재전송 차량이 선택될길 바라는 위치 값을 추가하여 패킷 전달의 효율성을 높이고 있다. DP는 주변 차량들의 위치와는 상관없이 현재 송신 차량의 상태에 따라 선정된다. 따라서 이웃 차량들의 위치정보는 필요치 않게 된다. 송신된 메시지를 수신한 모든 차량은 DP와 자신의 위치의 차이 값에 의해서 자신의 지연시간을 계산하고 재전송을 준비한다. DP와 가장 가까운 차량이 메시지 재전송을 시도하면 주변의 차량들은 재전송을 위해 대기하던 과정을 중지한다. 만약 DP와 가장 가까웠던 차량의 문제로 재전송을 제시간에 시도하지 못한 경우 다음으로 지연시간이 짧은 차량이 자동으로 재전송할 기회를 갖게 되어, 패킷 분실에 대한 백업기능을 한다.

#### 4.2 평가

제안된 S&B 구조를 이용하는 VSC를 위한 메시지 전파 방법은 위치정보를 이용하여 전달의 효율성을 얻어내고 있다. 위치정보를 활용하는 기존의 프로토콜들은 대부분 자신의 이웃 차량들의 위치정보를 주기적인 교환을 통해 관리하거나 한 그룹 내의 모든 차량의 위치정보를 유지한다. 이러한 주기적인 위치 업데이트는 매우 빠른 속도로 이동하고 있는 차량의 상황에서는 효과적이지 못하다. LPG 프로토콜<sup>[3]</sup>과 TRADE 프로토콜<sup>[10]</sup>은 이러한 위치교환의 문제로 말미암아 프로토콜 오버헤드가 심하다. 그 대신 이미 위치에 대한 정보를 알고 있기 때문에 전송지연 현상이 없이 곧바로 전송할 수 있는 장점이 있다.

DDT 프로토콜<sup>[10]</sup>과 S&B 프로토콜은 자신의 이웃 차량에 대한 정보를 메시지를 전송하기 전에는 가지고 있지 않다. 그렇기 때문에 재전송을 위한 후보 선택의 경쟁을 줄이기 위해서 의도적인 지연을 포함하고 있다. DDT 프로토콜이나 S&B 프로토콜, 두 프로토콜 모두 거리와 관련된 지연시간을 포함하고 있다. DDT 프로토콜은 무선 도달거리 경계선 쪽에 가까울수록 짧은 지연시간을 갖는다. 다시 말해서 메시지가 발생한 차량과의 거리가 멀수록 짧은 대기시간을 갖고 재전송을 시도하는 반면, S&B 프로토콜은 무선 도달거리 이내의 SNR의 값이 안정적인 구간에 설정된 DP 값과의 수신차량의 거리 차이에 의해서 대기시간을 갖기 때문에 거리와 비례하는 지연시간을 갖게 한다. 무선 신호의 특성 때문에 주변 상황에 따라 무선 도달거리는 실제적으



로 달라진다. 따라서 차량 사이의 물리적 거리를 척도로 활용하는 것은 다양한 도로의 환경에 적응적이지 못하게 된다.

S&B 프로토콜은 다른 프로토콜에 비교해서 상대적으로 발생할 수 있는 전송지연이 문제가 될 수 있다. 다음 그림 6은 프로토콜별 전송 지연시간을 비교하고 있다. 각 차량에서 송신에는 40ms의 시간이 필요하다고 가정하고, DDT 프로토콜<sup>[10]</sup>과 S&B 프로토콜에서 전송지연 시간은 거리와 비례한다고 가정한다. 무선 신호는 최대 250m까지 도달되고, DP는 차량 후면 150m부근에 설정된다고 가정하자. A에서 발생한 메시지가 B를 거쳐 C에까지 도달되는데 필요한 전송 지연 시간을 비교한다.

Flooding과 TRADE 프로토콜은 지연시간이 없이 곧바로 전송하기 때문에 1회 전송을 위해 필요한 40ms씩 두 홉을 전송하는데 필요한 만큼인 80ms로 항상 일정하다. 그러나 내부적으로 지연값을 가지고 있는 DDT 프로토콜과 S&B 프로토콜은 차량의 위치에 따라 많은 차이를 보이고 있다.

근원차량 A와 중계차량 B가 가까이 위치한 (1)의 경우 DDT 프로토콜은 경계선 부근과의 거리가 멀기 때문에 가장 많은 지연시간을 갖는다. 또한 근원차량 A와 DP사이에서 중계차량 B가 위치하는 (2)의 경우도 DP가 차량 B에 가까이 있기 때문에 DDT 프로토콜이 더 많은 지연시간을 갖게 된다. 중계차량 B가 DP 부근에 위치하는 (3)의 경우 S&B 프로토콜은 Flooding이나 TRADE 프로토콜에 준하는 낮은 지연을 보인다. 하지만 중계 차량 B가 근원차량 A의 무선 도달거리 부근에 위치하는 (4)의 경우 중계차량 B는 발자마자 지연이 거의 없이 바로 전송하기 때문에 S&B 프로토콜보다 짧은 지연시간을 갖게 된다.

주위 차량과 위치교환을 하지 않는 프로토콜인 DDT와 S&B 프로토콜을 비교해봤을 때, 차량 분포가 균일에 가까운 경우에는 S&B 프로토콜이 우수하고, 차량간 거리가 멀어서 차량이 무선 도달거리 부근에 위치할 경우에는 DDT 프로토콜이 우수하다. 그러나 위의 모든 경우를 고려해 볼 때, S&B 프로토콜은 DDT 프로토콜보다 평균적으로 짧은 지연시간을 갖게 된다.

## V. 결론

같은 도로를 주행하고 있는 상호 연계성이 없는 차량들 사이에서는 유고차량 주변의 모든 차량에게

일시에 정보를 전달하기 위해서 브로드캐스팅형태의 메시지 전송 방식을 사용하고 있다. 단순한 브로드캐스팅 형태의 전달 방식은 다중 홉의 영역 전파와 무선 미디어의 충돌 문제로 말미암아 실제 차량 네트워크에서는 사용하기 힘들다. 단순한 브로드캐스팅을 보완하기 위해서 메시지를 수신한 일부의 차량만이 재전송을 수행하도록 하는 선별적 재전송 방법론들이 제시되었으나 주변 차량들과 주기적인 위치교환이 필요하거나 효율성이 떨어지고 패킷이 중도에 분실될 수 있는 등의 부차적인 문제점을 나타내고 있다.

본 논문에서는 기존의 방법론을 개선하여 주기적인 위치교환이 필요하지 않고, 패킷 분실을 최소화할 수 있는 선별적 재전송 방법론을 제시하였다. 이 방법론에서는 메시지가 전달될 때 실시간적으로 S&B 구조를 형성하여 긴급 메시지를 전송한다. 줄기차량의 선출 우선순위 부여 방법을 통하여 프로토콜 운용에 대한 오버헤드를 줄이고 긴급 메시지 전송의 효율성을 얻었다. 제안 프로토콜은 기존의 선별적 재전송 프로토콜과의 비정형적 비교를 통하여 패킷 효율성, 수신 안정성, 그리고 복잡도 측면에서 우수함을 증명하였다.

본 프로토콜의 효율성을 객관적으로 평가하기 위해서 네트워크 시뮬레이션을 통한 정량적 비교가 필요하고, 실제 교통 데이터를 활용하여 다양한 도로상황을 고려하여 범용적인 특징을 가질 수 있는 프로토콜로 개선할 필요성이 있다.

## 참고 문헌

- [1] T. Hasegawa et al., "A Concept Reference Model for Inter-Vehicle Communication (Report2)," *Proc. of IEEE ITS 2004*, pp. 810-815, Oct. 2004.
- [2] Z. Jing and S. Roy, "MAC for Dedicated Short Range Communications in Intelligent Transport System," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 41 No.12, pp. 60-67, 2003.
- [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] Q. Xu et al., "Layer-2 Protocol Design for Vehicle Safety Communications in Dedicated Short Range Communications Spectrum," *Proc.*

of IEEE ITS 2004, pp. 1092-1097, Oct. 2004.

- [5] 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.
- [6] IEEE 802.11p Task Group is still active, "Wireless Access for the Vehicular Environment," *the formal 802.11p Standard is scheduled to be published in January 2007*
- [7] National Highway Traffic Safety Administration Webpage, <http://www.nhtsa.dot.gov>
- [8] IEFT Mobile Ad hoc Networks Working Group, <http://www.ietf.org>
- [9] IEEE 802.11 Working Group, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," *ANSI/IEEE Std. 802.11*, Sep. 1999.
- [10] M. Sun et al., "GPS-Based Message Broadcast for Adaptive Inter-Vehicle Communications," *Proc. of IEEE VTC 2000*, Vol. 6, pp. 2685-2692, Sep. 2000.
- [11] T. Fukuhara and T. Warabino, "Broadcast Methods for Inter-Vehicle Communications System," *Proc. of IEEE WCNC 2005*, Vol.4, pp. 2252-2257, Mar. 2005.

유 석 대 (Suk-dea Yu)

정회원



2000년 2월 전북대학교 컴퓨터과  
학과 졸업 학사  
2002년 2월 전북대학교 전산통계  
학과 졸업 석사  
2007년 2월 전북대학교 컴퓨터통  
계정보학과 졸업 박사  
<관심분야> 차량안전통신, Ad  
hoc 네트워크, 센서 네트워크

조 기 환 (Gi-hwan Cho)

정회원



1985년 2월 전남대학교 계산통계  
학과 졸업 학사  
1987년 2월 서울대학교 계산통계  
학과 졸업 석사  
1996년 영국 Newcastle대학교 전  
산학과 졸업 박사  
1987년~1997년 한국전자통신연  
구원 선임연구원  
1997년~1999년 목포대학교 컴퓨터과학과 전임강사  
1999년~현재 전북대학교 전자정보공학부 부교수  
<관심분야> 이동컴퓨팅, 컴퓨터통신, 무선네트워크 보  
안, 센서네트워크, 분산처리시스템