

논문 2008-45TC-11-10

# 차량 안전 통신을 위한 거리와 랜덤 기반 브로드캐스트 기법

## (Distance and Random-based Broadcast Scheme for Vehicle Safety Communication)

유 종 덕\*, 정 수 환\*

(Jongduck You and Souhwan Jung)

### 요 약

차량 안전 통신에서는 미리 설정된 상호 연결 관계가 없는 차량들끼리 차량 안전 관련 경고 메시지를 전달하기 위해서 브로드캐스트를 사용한다. 하지만 차량 밀도가 높은 상황에서 순수 브로드캐스트를 그대로 사용하면 브로드캐스트 폭풍 문제가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 연구된 기존의 브로드캐스트 기법들 중에서는 거리 기반 브로드캐스트 기법이 가장 좋은 성능을 보인다. 하지만 거리 기반 브로드캐스트 기법에는 차량 밀도가 낮은 상황에서의 지연 시간 증가라는 문제점이 존재한다. 본 논문에서는 거리 기반의 지연 시간 개념과 랜덤 기반의 지연 시간 개념을 함께 사용하여 기존의 거리 기반 브로드캐스트 기법과 비교했을 때, 차량 밀도가 낮은 상황에서도 짧은 지연 시간을 가지고 메시지를 재전송 할 수 있는 브로드캐스트 기법을 제안하였다. 실험을 통해서 기존의 거리 기반 브로드캐스트 기법을 사용했을 때보다 본 논문에서 제안한 방법을 사용했을 때, 재전송 차량이 더 짧은 지연 시간을 가질 수 있고, 지연 시간 단축에 의해 발생하는 기회비용인 중복된 재전송 메시지의 수가 줄어드는 것을 확인하였다.

### Abstract

Safety-related messages are propagated in form of broadcasting among vehicles in vehicle safety communication. There is the broadcast storm problem in high density vehicle environments. To solve this problem, a distance-based broadcast scheme has been proposed. It causes a serious problem such as retransmission delay in low density vehicle environments since it requires additional defer time to rebroadcast messages. This paper proposes a distance and random-based broadcast scheme. The proposed scheme selects a random time from zero to the defer time that estimated depending on the distance between sending and receiving vehicles. Simulation results show that the proposed scheme requires shorter defer time and less rebroadcasting message than existing schemes.

**Keywords :** DRBS, DDT, Broadcast Storm Problem, VSC, VANET

### 1. 서 론

VSC(Vehicle Safety Communication)는 도로 위에서 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지하기 위해서 주행중인 차량들에게 일련의 메시지를 통해 차량 주변의 상황 정보를 제공해주는 차량 간 통신이다. VSC는 도로 위

에 장애물이 있을 때, 차선이 합쳐지거나 차선을 변경하려 할 때, 교통 체증이 심할 때, 차량이 교차로에 진입할 때, 그리고 차량이 큰 회전을 하거나 언덕을 넘는 중이어서 운전자의 시야가 좁아졌을 때 운전자에게 필요한 정보를 알려주어 운전자가 원활하고 안전한 운행을 할 수 있도록 도움을 줄 수 있다.<sup>[1]</sup>

VSC는 사전에 맺은 상호 연결 관계가 없이 같은 도로 위를 달리고 있는 차량들 사이에서 이루어지는 통신이기 때문에 VSC 메시지는 브로드캐스트를 이용하여 전달되며, VSC 메시지가 일정한 거리까지 전달되도록 하기 위해 메시지를 받은 차량들은 메시지를 다시 브로드캐스트 하는 플러딩 방식을 사용한다. 이러한 메시지

\* 학생회원, \*\* 평생회원-교신저자, 송실대학교  
정보통신전자공학부  
(School of Electronic Engineering, Soongsil  
University)

※ 이 논문은 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로  
한국과학재단의 지원과(No.R01-2007-000-11504-0),  
송실대학교 교내 연구비 지원에 의해 수행되었음  
접수일자: 2008년6월26일, 수정완료일: 2008년11월14일

전달 방식은 차량 밀도가 높은 상황에서 브로드캐스트 폭풍 문제를 발생시킨다.<sup>[2]</sup> 브로드캐스트 폭풍 문제를 해결하기 위해서는 메시지를 재전송하는 차량을 줄여야 하는데, 그러기 위해서는 메시지를 받은 차량들 중에서 메시지를 재전송 할 차량을 선택하는 방법이 필요하다. 기존에 연구된 메시지를 재전송 할 차량을 선택하는 방법은 여러 가지가 있는데, 그 중에서 거리 기반의 선택적 재전송 방식은 주위의 차량들끼리 주고 받아야 하는 제어 메시지가 없어서 제어 메시지를 발생시키는 다른 방식들에 비해 네트워크 부하가 낮고, 메시지를 보낸 차량으로부터 가장 멀리 있는 차량이 메시지를 재전송 할 차량으로 선택되게 함으로써 효율적으로 메시지를 재전송 할 차량을 선택할 수 있게 하여 다른 방식들 보다 효과적이다. 하지만 거리 기반의 선택적 재전송 방식은 차량의 밀도가 낮아질수록 메시지를 재전송하는 차량이 메시지를 재전송하기 전에 가지는 지연 시간이 증가하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 차량의 밀도가 감소되면 지연 시간이 증가하는 거리 기반의 선택적 재전송 방식이 가지는 문제점을 해결하기 위해 거리 기반의 지연 시간 개념과 랜덤 기반의 지연 시간 개념을 같이 사용하는 브로드캐스트 방식을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 브로드캐스트 폭풍 문제를 해결하기 위해 제안된 기존의 브로드캐스트 기법들을 소개하고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 브로드캐스트 기법을 설명한다. IV장에서는 제안한 브로드캐스트 기법과 기존의 브로드캐스트 기법의 성능을 비교하고, 마지막으로 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

### 1. VSC 브로드캐스트 기법의 분류 및 특징

VSC 브로드캐스트 기법은 크게 플러딩 방식(비선택적 재전송 방식)과 선택적 재전송 방식으로 나누어 볼 수 있다. 플러딩 방식은 메시지를 받은 모든 차량이 메시지를 재전송 하는 차량이 되어 메시지를 재전송하는 방식이고, 선택적 재전송 방식은 메시지를 받은 차량 중에서 선택된 소수의 차량만이 메시지를 재전송 하는 방식이다.

플러딩 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법에는 메시지를 받은 모든 차량이 메시지를 재전송하는 순수 브로드캐스트와 지향성 브로드캐스트 방식을 사용하는 NB(Naive Broadcast) 프로토콜<sup>[3]</sup>이 있다. 지향성 브

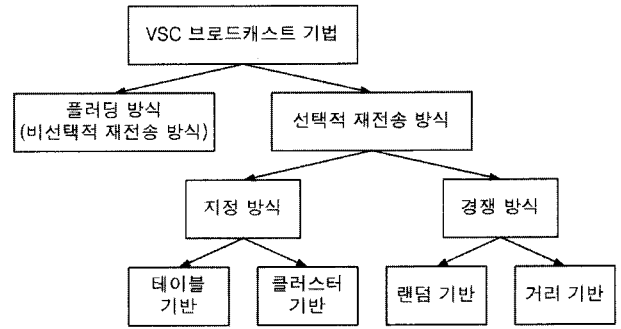


그림 1. VSC 브로드캐스트 기법의 분류  
Fig. 1. Categorization of broadcast scheme for VSC.

드캐스트 방식은 메시지가 자신의 이동방향을 기준으로 앞에서 전송된 메시지인지 뒤에서 전송된 메시지인지를 구분한 후, 필요한 경우에만 메시지를 재전송하는 방식이다. NB 프로토콜은 지향성 브로드캐스트 방식을 사용하였기 때문에 순수 브로드캐스트에 비해서 절반 정도의 재전송 메시지를 줄일 수 있다. 하지만 차량의 밀도가 높아서 메시지를 재전송해야 하는 차량이 많아지면 NB 프로토콜도 순수 브로드캐스트와 마찬가지로 브로드캐스트 폭풍 문제를 발생시킬 수 있다.

선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법은 메시지를 재전송할 차량을 누군가가 정해주는 지정 방식과 메시지를 받은 차량들 중에서 경쟁에서 이긴 차량이 메시지를 재전송할 차량으로 선택되는 경쟁 방식으로 다시 나눌 수 있다. 지정 방식은 다시 테이블 기반과 클러스터 기반으로 나눌 수 있고, 경쟁 방식은 다시 랜덤 기반과 거리 기반으로 나눌 수 있다. 테이블 기반의 선택적 재전송 방식에는 TRADE(Track DEtection)<sup>[4]</sup>, OAPB(Optimized Adaptive Probabilistic Broadcast)<sup>[5]</sup>, UMB(Urban Multi-hop Broadcast)<sup>[6]</sup>, 클러스터 기반의 선택적 재전송 방식에는 CBLR(Cluster-Based Location Routing)<sup>[7]</sup>, SICOMM(Sensor Inter-vehicle COMMunication)<sup>[8]</sup>, 랜덤 기반의 선택적 재전송 방식에는 I-BIA(Intelligent Broadcast with Implicit Acknowledgment)<sup>[9]</sup>, 그리고 거리 기반의 선택적 재전송 방식에는 DDT(Distance Defer Transmission)<sup>[4]</sup>, RBM(Role-Based Multicast)<sup>[10]</sup>, ODAM(Optimized Dissemination of Alarm Messages)<sup>[11]</sup>, SNB(Stem aNd Branch)<sup>[12]</sup> 등의 대표적인 프로토콜들이 있다.

테이블 기반의 선택적 재전송 방식은 모든 차량이 자신의 근처에 있는 차량들의 위치와 이동 방향 등의 정보를 가지고 있다가 메시지를 전송할 때, 주변의 차량들 중에서 가장 멀리 있는, 메시지를 재전송하기에 가장 적합한 차량을 선택한 후, 해당 차량의 정보를 메시

지에 포함시켜서 전송한다. 클러스터 기반의 선택적 재전송 방식은 도로를 일정한 영역의 클러스터로 구분하고 클러스터 헤더 차량을 두어, 클러스터 헤더 차량이 메시지의 재전송을 관리할 수 있도록 한다. 클러스터 헤더는 자신의 클러스터에 속해 있는 차량들의 위치와 이동 방향 등의 정보를 유지하고 관리한다. 지정 방식의 선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법은 항상 주변 차량들의 정보를 갱신해야 하기 때문에 빠른 속도로 이동하며 네트워크 토폴로지의 변화를 빈번히 발생시키는 VSC 환경에는 적합하지 않다. 잦은 제어 메시지의 교환은 네트워크 부하를 높이고, 이것은 전파 지연시간을 증가시켜 긴급 상황에서 신속히 전달되어야 하는 VSC 메시지가 먼 곳까지 빠른 시간 안에 전파되지 못하게 한다.

랜덤 기반의 선택적 재전송 방식은 메시지를 받은 차량들이 각자 랜덤한 지연 시간을 선택한 후, 그 지연 시간만큼 기다렸다가 메시지를 재전송하게 한다. 그리고 메시지를 받은 차량들은 자신이 선택한 지연 시간동안 기다리는 중에 자신보다 더 좋은 위치의 다른 차량이 재전송한 메시지를 받게 되면 해당 메시지를 재전송하지 않는다. 랜덤 기반의 선택적 재전송 방식은 주변 차량들과 교환해야 하는 제어 메시지 없이 재전송에 참여하는 차량들을 제한할 수 있다. 하지만 메시지를 재전송하기에 가장 적합한 위치에 있는 차량을 선택하는 특징이 없기 때문에 일정 거리까지 메시지가 전파되기 위해서는 지정 방식의 선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법보다 더 많은 메시지의 재전송이 필요하다.

거리 기반의 선택적 재전송 방식은 주변 차량들과 제어 메시지를 교환하지 않고, 소스 차량과 메시지를 받은 차량 사이의 거리 정보를 이용하여 메시지 재전송 차량을 선택하는 브로드캐스트 기법이다.

## 2. 거리 기반의 선택적 재전송 방식

DDT 프로토콜은 소스 차량과 메시지를 받은 차량 사이의 거리에 반비례하는 지연 시간을 이용하여 주변 차량들과 교환하는 제어 메시지 없이 소스 차량으로부터 가장 멀리 있는 차량이 메시지 재전송 차량으로 선택되게 하는 거리 기반의 선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법이다. 메시지를 받은 차량은 메시지의 소스 차량과의 거리와 무선 전송 범위를 이용해서 자신의 지연 시간을 결정한다. 소스 차량으로부터 가장 멀리 있는, 무선 전송 범위의 가장자리에 있는 차량은

가장 짧은 지연 시간을 가지게 되고, 소스 차량과의 위치 차이가 거의 없는, 소스 차량으로부터 가까운 차량은 가장 긴 지연 시간을 가지게 된다. 자신의 지연 시간을 계산한 각 차량은 지연 시간동안 같은 메시지를 전송하는 차량들의 위치를 기록한다. 지연 시간이 끝난 후, 자신의 위치가 똑같은 메시지를 전송한 다른 차량들보다 소스 차량으로부터 더 멀리 떨어져 있는 위치라면 해당 메시지를 재전송하고, 그렇지 않으면 해당 메시지를 재전송하지 않는다. DDT 프로토콜은 차량들 사이에 미리 주고 받아야 하는 제어 메시지가 없고 소스 차량과 메시지를 받은 차량들 사이의 거리를 이용한 경쟁 방식을 사용해서 메시지를 재전송 할 차량을 선택하기 때문에, 차량의 밀도가 높아지고 네트워크 토폴로지의 변화가 커질수록 다른 방식의 브로드캐스트 기법보다 중복된 재전송 메시지의 수, 네트워크에 주는 부하의 측면에서 더 좋은 성능을 나타낸다. 하지만 DDT 프로토콜은 차량의 밀도가 낮아질 때 지연 시간이 증가하는 문제점을 가지고 있다. 차량의 밀도가 낮아지면 소스 차량의 무선 전송 범위의 가장자리에 메시지를 재전송 할 차량이 있을 확률이 낮아지게 되고, 최소한의 지연 시간을 가질 차량이 줄어들게 됨으로써 메시지가 재전송되기 전까지의 지연 시간은 증가하게 된다.

SNB 프로토콜은 메시지 전달의 신뢰성을 높이고, 평풍현상의 발생을 최소화하기 위해 제안된 거리 기반의 선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법이며, DDT 프로토콜보다 메시지 재전송 차량이 가지는 지연 시간이 짧다. 메시지를 전송하는 차량은 자신의 위치, 이동 방향, 속도, 무선 전송 범위 등을 고려하여 DP(Designated Position)를 계산하고 이 값을 메시지에 포함시켜 전송한다. DP는 송신 차량이 생각하는 가장 적절한 메시지 재전송 차량의 위치다. 메시지를 전송 받은 차량들은 DP와 자신의 위치 사이의 거리에 비례하는 지연 시간을 가진 후 메시지를 재전송한다. 지연 시간만큼 기다리는 동안의 동작 과정은 DDT 프로토콜과 같다. DP는 무선 전송 범위의 가장자리보다 짧게 선택되기 때문에, 무선 전송 범위 안에 고르게 차량이 분포할 경우 SNB 프로토콜은 DDT 프로토콜보다 메시지를 전송 받은 차량들 중에서 짧은 지연 시간을 가지는 차량이 많아지게 된다. 하지만 무선 전송 범위의 가장자리에 있는 차량이 메시지를 재전송하는 DDT 프로토콜과 다르게, SNB 프로토콜은 소스 차량으로부터 무선 전송 범위보다 더 짧은 거리에 있는 DP 근처의 차량이 메시지를 재전송하기 때문에 일정 거리까지 메시지가

전파되기 위한 메시지 재전송 차량의 수가 DDT 프로토콜보다 많아지게 된다.

### III. 거리 및 랜덤 기반의 경쟁 방식

본 장에서는 거리 기반의 지연 시간 개념과 랜덤 기반의 지연 시간 개념을 같이 사용하는 경쟁 방식의 선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법을 제안한다.

#### 1. DRBS(Distance and Random-based Broadcast Scheme)

본 논문에서 제안하는 프로토콜은 메시지를 받은 차량과 소스 차량 사이의 거리에 반비례하는 시간과 메시지를 받은 차량이 선택하는 랜덤값을 곱한 값을 지연 시간으로 사용한다. 프로토콜의 메시지 (재)전송 과정은 다음과 같다.

○ 메시지를 (재)전송하는 차량 A는 자신의 GPS (Global Positioning System) 위치 정보를 포함하여 메시지를 전송한다.

○ 메시지를 전송 받은 차량 B는 해당 메시지가 처음 받은 메시지이고, 메시지의 TTL 값이 0이 아닐 경우 자신의 지연 시간  $T_{defer}$ 를 계산한다.  $T_{defer}$ 는 A와 B 사이의 거리와 B가 선택하는 랜덤한 수에 의해서 계산되는 값이며, 자세한 계산 과정은 아래의 식 (1)과 같다.

○ 지연 시간동안 B는 같은 메시지를 전송하는 차량들의 위치 정보를 기록한다.

○ 지연 시간이 끝난 후, B는 기록해둔 다른 차량들보다 자신이 A에게서 더 멀리 떨어져 있다고 판단되면, 자신의 GPS 위치 정보를 포함하고 메시지의 TTL 값을 감소하여 해당 메시지를 재전송한다.

$$T_{defer} = T_{lim} * T_{ran}$$

$$T_{lim} = T_{max} * \left(\frac{R - D_{SD}}{R}\right) \tag{1}$$

$$T_{ran} = R_{beta}(E, V)$$

식 (1)에서  $T_{lim}$ 은 기존의 거리 기반의 선택적 재전송 방식에서 지연시간으로 사용하는 소스 차량과 메시지를 받은 차량 사이의 거리에 반비례하는 값이며,  $T_{ran}$ 은 차량이 선택하는 랜덤값이며,  $R_{beta}$ 는 E와 V의 값에 의해 형태가 정해진 베타 분포를 따르는 랜덤 함수이고,  $T_{max}$ 는 최대 지연 시간, R은 무선 전송 범위,  $D_{SD}$ 는 소

스 차량과 메시지를 받은 차량 사이의 거리, 그리고 E와 V는 베타 분포의 형태를 결정짓는 평균값과 분산값이다. 결국  $T_{defer}$ 는 기존의 거리 기반 프로토콜에서 사용하는 지연 시간과 0 사이에서 얻을 수 있는 랜덤한 값이 된다. 그 결과 DRBS는 메시지를 전송받은 각 차량들이 전체적으로는 소스 차량과의 거리에 반비례하는 지연 시간을 가질 수 있게 해주고, 한 편으로는 모든 차량들에게 0에 가까운 최소의 지연 시간을 가질 수 있는 확률도 제공해 준다. 즉, 무선 전송 범위의 가장자리에서 멀리 떨어져 있는 차량도 0에 가까운 지연 시간을 가질 수 있는 확률이 존재한다는 것이다. 하지만 이러한 특성 때문에 더 좋은 위치에 메시지를 재전송 할 다른 차량이 있는데도 불구하고 무선 전송 범위의 가장자리에서 멀리 떨어져 있는 차량이 메시지를 재전송 할 가능성도 존재하게 된다. 만약 베타 분포의 평균값과 분산값을 조절하여 모든 차량들이 0에 가까운 랜덤한 수를 선택한다면 지연 시간은 짧아지는 대신 중복된 재전송 메시지의 수는 증가할 것이고, 모든 차량들이 1에 가까운 랜덤한 수를 선택한다면 기존의 거리 기반 프로토콜과 비슷한 지연 시간을 가지면서 적은 수의 중복된 재전송 메시지를 가지게 될 것이다. 즉, 지연 시간의 단축과 중복된 재전송 메시지의 수의 증가는 트레이드오프 관계를 가지게 된다.

#### 2. DRBS의 예

그림 2와 같은 환경에서 차량 A가 전송한 메시지를 차량 B, C, D가 받았다고 했을 때, 각각의 차량은 차량 A와 자신 사이의 거리에 반비례하는 시간을 계산한 후, 거기에 자신이 선택한 0과 1 사이의 랜덤값을 곱해서 지연 시간을 계산한다. 여기에서 차량 B나 C가 매우 작은 랜덤값을 선택했을 경우 차량 B나 C의 지연 시간은 차량 D의 그것보다 짧을 수 있다. 이럴 경우 차량 B나 C가 먼저 메시지를 재전송하고 차량 D가 나중에 메시

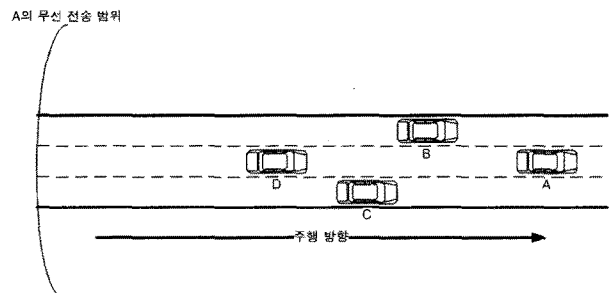


그림 2. DRBS의 예  
Fig. 2. An example of DRBS.

지를 재전송하는 상황이 발생하게 되고, 중복된 재전송 메시지가 발생하게 된다. 하지만 각각의 차량이 계산하는 지연 시간은 소스 차량과의 거리에 반비례하는 시간과 주어진 평균값과 분산값에 의해 형태가 정해진 베타 분포를 따르는 랜덤값이 곱해진 값이기 때문에, 이 값의 범위는 [0~소스 차량과의 거리에 반비례하는 시간]이 되고, 소스 차량으로부터 멀리 떨어져 있는 차량 D가 가지는 지연 시간이 차량 B나 C가 가지는 지연 시간보다 짧을 확률은 그렇지 않을 확률보다 크다.

#### IV. 실험

본 장에서는 DRBS의 성능을 DDT 프로토콜, 그리고 SNB 프로토콜과 비교 분석한다.

##### 1. 실험 환경

각각의 프로토콜을 사용했을 때, VSC 메시지가 일정 거리까지 도착하는데 필요한 지연 시간, 재전송 차량의 수 등을 얻기 위해 도로 위의 차량 환경을 모델링하고 실험을 통해 성능을 측정한다. 각 차량의 메시지 전송 시간은 매우 짧기 때문에 메시지가 전송되는 동안 차량의 위치는 변하지 않는다고 가정한다.

차량 밀도란 무선 전송 범위 안에 존재하는 차량의 수를 말한다. 실험은 차량 밀도를 5부터 100까지 1씩 증가시키며 수행했고, 실험의 결과 값은 각각의 밀도에서 차량의 위치를 바꿔가며 100번 실험한 결과의 평균 값이다. DRBS에서 사용하는 베타 분포의 평균값은 0.1에서 0.9까지 0.1씩 증가시켜가며 수행했고, 분산값은 0.02로 고정하였다. VSC 메시지의 목표 전달 거리는 3km이며, DDT 프로토콜과 DRBS에서 사용하는  $T_{max}$  값은 10ms를 사용하였다. SNB 프로토콜에서 사용하는 DP는 250m를 사용하였고, 차량의 위치와 DP 사이의

표 1. 실험 파라미터

Table 1. Parameters for simulation.

파라미터	값
목표 전달 거리	3km
무선 전송 범위(R)	300m
차량 밀도	5 ~ 100
$T_{max}$	10ms
DP (SNB)	250m
DPM (SNB)	$T_{max} / R$
평균값 (DRBS)	0.1 ~ 0.9
분산값 (DRBS)	0.02

거리에 비례하는 지연 시간을 계산할 때 사용하는 DPM(Defer Per Meter)은 다른 프로토콜과 똑같은 조건을 갖추기 위해  $T_{max}$ 를 무선 전송 범위로 나눔 값으로 사용하였다.

##### 2. 전체 밀도에 대한 평균 결과

그림 3, 4, 5는 차량의 밀도를 변화시키며 수행한 실험의 결과값인, 지연 시간, 재전송 차량의 수, 그리고 수신 메시지의 수의 평균값이다. DRBS 옆의 숫자는 베타

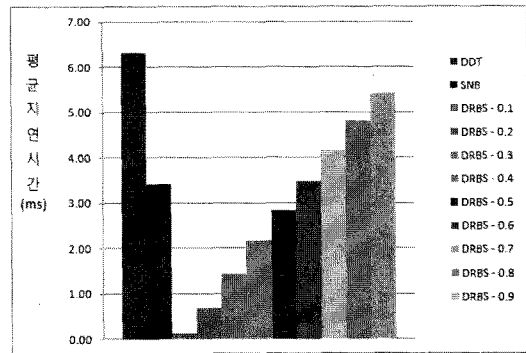


그림 3. 평균 지연 시간  
Fig. 3. Average of defer time.

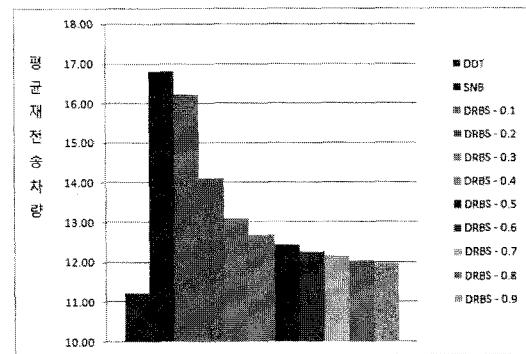


그림 4. 평균 재전송 차량의 수  
Fig. 4. Average of the number of cars rebroadcasting message.

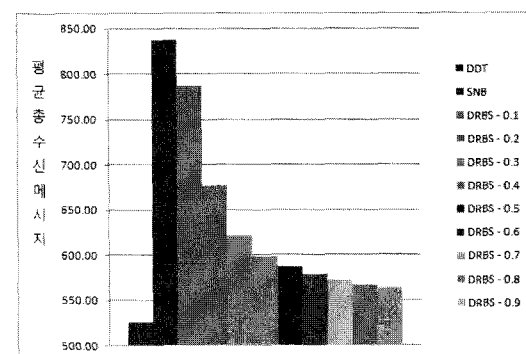


그림 5. 평균 수신 메시지의 수  
Fig. 5. Average of the number of receiving messages.

분포에 사용된 평균값을 의미한다. 재전송 차량의 수와 지연 시간은 VSC 메시지가 목표 전달 거리인 3km가 떨어져 있는 곳까지 도착할 때까지 메시지를 전송한 차량의 수와 지연 된 시간을 말하며, 재전송 차량의 수에는 처음 VSC 메시지를 전송한 차량도 포함된다. 그리고 수신 메시지의 수는 도로 위에 존재하는 모든 차량이 받은 메시지 수의 총합이며, 중복된 메시지의 수신도 포함된다.

VSC 메시지가 목표 전달 거리까지 전달될 때까지 DDT 프로토콜은 평균 6.32ms의 지연 시간을 가졌으며, SNB 프로토콜은 3.42ms의 지연 시간을 가졌다. SNB 프로토콜을 사용했을 때 지연 시간이 더 짧게 소요된 것은 DDT 프로토콜을 사용했을 때 무선 전송 범위 근처의 차량이 최소의 지연 시간을 가지고 메시지를 재전송 할 확률보다 SNB 프로토콜을 사용했을 때 DP 근처의 차량이 최소의 지연 시간을 가지고 메시지를 재전송 할 확률이 더 크기 때문이다. DRBS에서는 평균 0.12 ~ 5.414ms의 지연 시간을 가졌다. 베타 분포의 평균값이 낮아질수록 지연 시간은 짧아지는데, 이것은 베타 분포의 평균값이 0에 가까워질수록 각 차량이 계산하는 지연 시간이 짧아지고, 무선 전송 범위의 가장자리 근처에 메시지를 재전송 할 차량이 없더라도 다른 차량이 짧은 지연 시간을 가지고 메시지를 재전송 할 확률이 커지기 때문이다.

DDT 프로토콜에서는 VSC 메시지를 목표 전달 거리까지 전달하기 위해서 평균 11.23개의 메시지를 전송했다. 이것은 목표 전달 거리인 3km와 무선 전송 범위 300m를 생각했을 때, 이상적인 수치라 할 수 있다. SNB 프로토콜에서는 평균 16.8개의 메시지를 전송했는데, 이것은 SNB 프로토콜에서는 무선 전송 범위보다 짧은 DP 근처의 차량들이 메시지를 재전송했기 때문이다. DRBS에서는 평균 11.97 ~ 16.2개의 메시지를 전송했다. 베타 분포의 평균값이 높아질수록 메시지의 재전송 횟수는 낮아지는데, 이것은 베타 분포의 평균값이 1에 가까워질수록 각 차량들이 높은 랜덤값을 선택함으로써 중복된 재전송 메시지의 발생 가능성이 낮아지기 때문이다. 베타 분포의 평균값이 0에 가까워질수록 중복된 재전송 메시지의 발생 가능성은 높아지는데, 가장 높은 중복된 재전송 메시지의 발생 가능성을 가지는 평균값이 0.1인 상태에서의 평균 메시지 재전송 수 16.2개는 SNB 프로토콜을 사용했을 때의 16.8개 보다 적은 수치이다.

평균 총 수신 메시지의 수는 평균 재전송 차량의 수

와 비례하는 결과를 보인다.

DRBS는 SNB 프로토콜을 사용했을 때보다 적은 메시지의 재전송을 발생시켜 네트워크에 주는 부하를 줄이면서도, 베타 분포의 평균값이 0.5 이하일 경우에는 더 짧은 지연 시간을 가지고 VSC 메시지를 목표 전달 거리까지 전송했다. DRBS는 DDT 프로토콜을 사용했을 때보다 항상 짧은 지연 시간을 가지면서 VSC 메시지를 목표 전달 거리까지 전송했고, 베타 분포의 평균값이 0.9일 경우 평균 11.97개의 메시지를 전송 횟수를 나타내어 평균 11.23개의 메시지를 전송한 DDT 프로토콜과 비슷한 수치의 메시지 전송 횟수를 나타냈다.

### 3. 밀도의 변화에 따른 결과

그림 6은 차량의 밀도에 따른 각 프로토콜의 지연 시간의 변화를 나타낸다. 차량의 밀도가 높아질수록 모든 프로토콜이 가지는 지연 시간이 짧아진다. SNB 프로토콜이 가지는 지연 시간은 평균적으로 DRBS의 베타 분포의 평균값이 0.7일 때보다는 짧고, 0.5일 때보다는 길다. 차량의 밀도가 낮을 때 지연 시간이 길게 나타나는 것은 무선 전송 범위의 가장자리 혹은 DP 근처에 차량

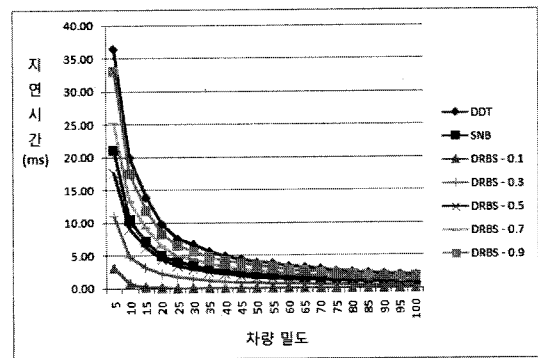


그림 6. 차량 밀도에 따른 지연 시간  
Fig. 6. Defer time versus cars density.

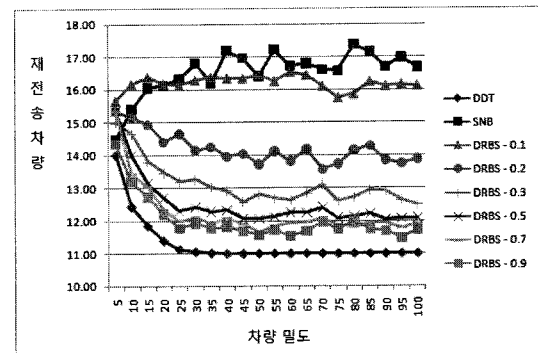


그림 7. 차량 밀도에 따른 재전송 차량의 수  
Fig. 7. The number of cars rebroadcasting message versus cars density.

이 존재할 확률이 적기 때문이다. 차량의 밀도가 가장 높을 때와 가장 낮을 때의 지연 시간의 차이는 DRBS는 최소 3.07ms, SNB는 20.05ms, DDT는 34.5ms로 나타났다.

그림 7은 차량의 밀도에 따른 각 프로토콜의 재전송 차량의 수의 변화를 나타낸다. 재전송 차량의 수는 차량의 밀도가 높아질수록 SNB 프로토콜과 베타 분포의 평균값이 0.1일 때의 DRBS를 제외하고 점점 줄어든다. 차량의 밀도가 높아질수록 재전송 차량의 수가 줄어드는 것은 무선 전송 범위의 가장자리에 메시지를 재전송할 차량이 존재할 확률이 커지기 때문이다. SNB 프로토콜에서 차량의 밀도가 높아질수록 재전송 차량의 수가 증가한 것은 소스 차량 쪽에 존재하면서 DP에서 가까이 있는 차량 A가 메시지를 먼저 전송하고, 소스 차량과 멀리 있으면서 차량 A 보다는 DP에서 조금 떨어져 있던 차량 B가 차량 A보다 메시지를 재전송하기에 좋은 위치에 존재한다고 판단하고 중복된 재전송 메시지를 전송할 확률이 커지기 때문이다. 베타 분포의 평균값이 0.1일 때의 DRBS에서 차량의 밀도가 높아질수록 재전송 차량의 수가 증가한 것은 차량의 수가 많아지면서 무선 전송 범위의 가장자리에 존재하지 않는 차량이 매우 짧은 지연 시간을 선택하는 경우가 많아졌기 때문이다.

#### IV. 결 론

VSC 메시지는 브로드캐스트를 이용하여 전달되는데, 순수 브로드캐스트를 사용했을 경우에는 차량의 밀도가 높아질 때 브로드캐스트 폭풍 문제가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해 연구된 기존의 브로드캐스트 기법들 중에서는 거리 기반의 경쟁 방식을 사용하는 선택적 재전송 방식의 브로드캐스트 기법이 가장 효율적이다. 하지만 이 기법은 차량의 밀도가 낮아지면 재전송 차량이 메시지를 재전송할 때 기다려야하는 지연 시간이 증가하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 거리 기반 지연 시간의 개념과 랜덤 기반 지연 시간의 개념을 같이 사용하는 경쟁 방식을 사용하는 선택적 재전송 방식의 브로드캐스트 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 메시지를 받은 차량들이 소스 차량과의 거리에 반비례하는 시간과 0 사이에서 임의의 지연 시간을 선택하게 함으로써 차량의 밀도가 낮은 상황에서도 신속한 메시지의 재전송이 가능하도록 하였다.

실험 결과의 전체 밀도에 대한 평균 결과에 따르면 본 논문에서 제안한 DRBS는 DDT 프로토콜보다 짧은 지연 시간(최대 91.57% 감소)과 SNB 프로토콜보다 적은 재전송 메시지의 수(최대 34.37% 감소)를 가지고 VSC 메시지를 목표 지점까지 전달해주며, DRBS에서 사용하는 베타 분포의 평균값이 0.5 이하의 값이 되면 DRBS는 SNB 프로토콜보다 짧은 지연 시간과 적은 재전송 메시지의 수를 가지고 VSC 메시지를 신속하게 전달한다. 또한 DRBS는 차량의 밀도가 작을 때에도 다른 프로토콜보다 신속하게 VSC 메시지를 전달한다.

본 논문에서 제안한 브로드캐스트 기법인 DRBS는 거리 기반 지연 시간의 개념과 랜덤 기반 지연 시간의 개념을 함께 사용하여 차량의 밀도에 상관없이 기존의 거리 기반의 선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법보다 짧은 지연 시간을 가지고 메시지를 재전송하며, 지연 시간을 단축시킬 때 발생하는 기회비용인 중복된 재전송 메시지의 발생 확률도 기존의 거리 기반의 선택적 재전송 방식을 사용하는 브로드캐스트 기법보다 작다.

#### 참 고 문 헌

- [1] W. Chen and S. Cai, "Ad Hoc Peer-to-Peer Network Architecture for Vehicle Safety Communications," *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 43(4), pp. 100-107, Apr. 2005.
- [2] S-Y. Ni, Y-C. Tseng, Y-S. Chen, and J-P. Sheu, "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc Network," in *Proc. ACM/IEEE MobiComm'99*, Aug. 1999.
- [3] ASTM, Standard Specification for Telecommunication 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.
- [4] M-T. Sun, W-C. Feng, T-H. Lai, K. Yamada, and H. Okada, "GPS-Based Message Broadcast for Adaptive Inter-vehicle Communications," in *Proc. VTC 2000*, pp. 2685-2692, Sep. 2000.
- [5] H. Alshaer and E. Horlait, "An Optimized adaptive broadcast scheme for Inter-vehicle communication," in *Proc. VTC 2005*, Vol.5, pp. 2840-2844, May 2005.
- [6] G. Korkmaz, E. Ekici, F. Ozguner, and U. Ozguner, "Urban Multi-Hop Broadcast Protocol

- for Inter-Vehicle Communication Systems,” in *Proc. 1st ACM international workshop on VANET*, Oct. 2004.
- [7] R. A. Santos, R. M. Edwards, and A. Edwards, “Cluster-Based Location Routing Algorithm for Vehicle to Vehicle Communication,” in *Proc. RAWCON'04*, pp. 39-42, Sep. 2004.
- [8] M. Durresi, A. Durresi, and L. Barolli, “Sensor Inter-Vehicle Communication for Safer Highways,” in *Proc. IEEE AINA-2005/UISW-2005*, pp. 599-604, Mar. 2005.
- [9] S. Biswas, R. Tatchikou, and F. Dion, “Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety,” *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 44(1), pp. 74-82, Jan. 2006.
- [10] L. Briesemeister and G. Hommel, “Role-Based Multicast in Highly Mobile but Sparsely Connected Ad Hoc Networks,” in *Proc. MobiHOC 2000*, pp. 45-50, Aug. 2000.
- [11] A. Benslimane, “Optimized Dissemination of Alarm Messages in Vehicular Ad-Hoc Networks (VANET),” in *Proc. HSNMC 2004, LNCS 3079*, pp. 655-666, June 2004.
- [12] S. D. Yu, and G. W. Cho, “An Effective Message Flooding Method for Vehicle Safety Communication,” in *Proc. UIC 2006, LNCS 4159*, pp. 219-228, May. 2006.

---

 저 자 소 개
 

---



유 종 덕(학생회원)  
 2007년 숭실대학교 정보통신전자공학부 학사  
 2007년~현재 숭실대학교 전자공학과 석사과정  
 <주관심분야 : 차량 네트워크, Ad-hoc 네트워크>



정 수 환(평생회원)-교신저자  
 1985년 서울대학교 전자공학과 학사  
 1987년 서울대학교 전자공학과 석사  
 1996년 University of Washington 박사  
 1996년~1997년 Stellar One SW Engineer  
 1997년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학부 교수  
 <주관심분야 : VoIP 보안, 차량 네트워크 보안, 이동 네트워크 보안, RFID/USN 보안>