

차량간 통신을 위한 셀 기반의 응급 메시지 브로드캐스트 기법

주 헌 식*, 김 종 완**

Cell Based Emergency Message Broadcast Scheme for Inter-Vehicle Communication

Heon Sik Joo*, Jong wan Kim**

요 약

고속도로에서 발생하는 차량간의 응급상황은 사람과 차량의 안전을 위해 후방 차량들에게 신속하게 전달되어야 한다. 지금까지 차량간 메시지 전송은 802.11을 이용한 무선환경에서 브로드캐스트 방식으로 전달되어 왔다. 이는 메시지를 수신할 필요가 없는 차량에 까지 메시지를 전송하여 메시지 충돌과 무선 네트워크의 대역폭을 낭비한다. 메시지 충돌은 최후방 차량의 메시지 수신 시간이 오래 걸리는 요인이 된다. 본 논문은 기존의 문제를 극복하고자 차량을 셀(cell) 단위로 그룹화하고 셀 대표(CP: Cell Primary) 차량이 멤버 차량에게 메시지를 브로드캐스트하는 셀기반의 응급 메시지 브로드캐스트 기법(Message Broadcast based on Cell, MBC)을 제안한다. 실험에서는 제안 기법이 동일 환경의 브로드캐스트 보다 후방 차량의 메시지 수신율이 향상되어 응급메시지의 전송에 뛰어난 성능을 보인다.

Abstract

The emergency between vehicles on the superhighway should be transmitted quickly to the following vehicles for safety of people. The message between them has been transmitted by broadcast method in an wireless environment of 802.11, so far. That causes the broadcast storm and a waste of the bandwidth of Wireless network owing to unnecessary process of sending messages to even vehicles that do not have to receive the information. The message collision is a main cause of the increase of message delay. In order to overcome the existing problem, this paper proposed a message broadcast scheme based on cell (MBC), which is the way to divide cars into different groups by cell unit and transmit messages to the members of the groups through the cell primary (cp) vehicles. This paper shows the proposed broadcast's performance in the same environment is much superior to other conventional broadcast schemes for inter-vehicle communication, since the receiving ratio among the following vehicles is improved.

▶ Keyword : 차량간 통신(Inter-Vehicle Communication), 무선 네트워크(Wireless network), 애드혹 네트워크(Ad-hoc network)

• 제1저자, 교신저자 : 주헌식
• 투고일 : 2010. 05. 06, 심사일 : 2010. 05. 15, 게재확정일 : 2010. 06. 17.
* 삼육대학교 컴퓨터학부 부교수 **삼육대학교 경영정보학과 연구교수
※ 본 연구는 삼육대학교 2009년 학술연구비 지원에 의해 수행되었음

I. 서론

무선 네트워크의 발전은 컴퓨터, 이동단말장치, 센서 네트워크 등으로 적용범위를 넓혀왔다[1]. 현재 무선 네트워크는 정적이거나 저속의 이동성을 갖는 센서 네트워크에서 고속의 이동성을 갖는 차량과 결합되어 사람의 안전을 위한 응용으로 확장되고 있다. 이는 고속도로에서 발생하는 차량의 사고, 고장 등의 응급상황을 다른 차량에 신속하고 정확하게 전송함으로써 보다 안전한 운행을 보장한다[2]. 그동안 교통 사고를 감소시키기 위한 다양한 방법이 연구되었으나 이제는 네트워크의 발전으로 보다 능동적으로 사고 및 응급상황에 대처가 가능하다.

차량(또는 노드, node)간의 통신은 기존의 이동 애드혹(ad-hoc) 네트워크인 MANET과는 차이가 있다. 즉, MANET은 사람이 이동 단말장치를 가지고 이동하는 동안 통신을 수행하기 때문에 저속의 이동 환경이지만 차량은 빠른 속도로 이동한다[3]. 네트워크 토폴로지(topology)도 이동 속도 및 노드의 밀집도에 따라 변화가 많기 때문에 동적 토폴로지 구성에 관심을 갖는 다양한 연구들이 진행되어 왔다.

응급메시지 전송방식은 주로 무선 방송(wireless broadcast) 기법을 사용한다. 브로드캐스트는 메시지를 다수의 노드에 동시에 전달하거나 효율적인 이동 경로를 찾는데 사용되는 좋은 전송 방법 중 하나이다. 그러나 브로드캐스트의 복잡도는 $O(n^2)$ 이어서 노드의 밀집도가 높은 경우 브로드캐스트 스톰(broadcast storm) [4]이 발생하여 메시지가 제대로 전송되지 못하는 단점이 있다. 높은 밀집도에서 각 노드들이 수신한 메시지를 다시 브로드캐스트하면 동일 메시지를 여러번 수신하게 되어 메시지 충돌 현상과 대역폭(bandwidth)의 낭비가 발생한다[5].

본 논문에서는 주행 차량을 셀(cell)로 구분하여 그룹화함으로써 브로드캐스트 스톰 문제를 극복하고 신속한 메시지 전달이 보장되는 셀기반의 브로드캐스트(Message Broadcast based on Cell, MBC) 기법을 제안한다. MBC기법은 메시지 도달 거리를 중심으로 차량을 그룹화한다. 각 셀에는 대표 차량인 Cell Primary (CP) 노드(node)를 두어 각 cp가 해당 그룹의 멤버들에게만 메시지를 전송하도록 한다. 메시지가 도달 범위를 벗어난 다음 셀의 결정은 한 셀의 마지막 노드를 다음 cp로 결정하여 진행된다[6].

MBC기법의 장점은 차량 밀집도가 증가해도 브로드캐스트 스톰을 방지한 신속한 메시지 전송이 가능한 것이다. 이러한 장점은 각 셀의 cp 결정 및 메시지 전송 알고리즘과 시뮬

레이션 결과로 자세히 설명한다.

논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 기존에 연구된 차량간 브로드캐스트 기법과 문제점을 설명한다. 논문에서 제안한 MBC 기법은 3장에서 몇몇 정의(definition)와 함께 설명한다. 4장은 OmNet++ 시뮬레이터를 이용한 실험결과를 기술하며, 논문의 제안 및 실험에 대한 종합적인 결과는 5장에서 정리한다.

II. 차량간 브로드캐스트 통신

차량간 응급 메시지를 효율적으로 전송하기 위해 브로드캐스트의 단점을 해결하려는 연구로는 Naive Broadcast(NB)[7], Intelligent Broadcast(IB)[9], BROADCAST[8] 등이 진행되어 왔다. 각 기법들은 브로드캐스트의 부분적 단점만 해결하려 했기 때문에 전체적인 성능향상을 기대하기 어려운 측면이 있다.

Naive Broadcast[7]는 브로드캐스트 방향을 사고차량(source node)의 후방으로 전송하여 사고 차량쪽으로 전진하는 차량들이 응급메시지를 받을 수 있도록 한다. 메시지를 전달받은 차량들은 전진하면서 사방으로 메시지를 다시 브로드캐스트 한다. 이때, 차량의 진행방향 뒤에서 오는 메시지는 무시하게 하여 중복 메시지 수신을 금지하여 보다 향상된 메시지 수신율을 보장한다. 그러나 메시지를 받을 차량의 전방에 차량 밀집도가 높으면 동일한 메시지의 중복수신으로 인한 성능저하가 발생한다[9,10].

NB의 과도한 메시지 전송은 802.11 MAC계층에서 메시지 사이의 충돌이 점차 증가하는 단점이 있다. MAC 계층에서 메시지의 충돌은 메시지 전달률을 떨어뜨리고 전송시간을 지연시키기 때문에 응급 메시지의 효율적인 전달이 어렵다. Intelligent Broadcast[4]는 이러한 문제를 해결하고자 암묵적 인지 기반(Implicit acknowledgement-based)의 메시지 생성과 전송 기법을 제안하였다. 이 기법에서 후방의 동일한 이벤트를 감지한 차량은 다음을 가정한다. 즉, 후방에서 동일 메시지를 받은 차량이 적어도 하나는 있고 그 차량이 메시지를 전파할 거라고 추정한다. 동일한 메시지를 인식한 차량은 메시지 전송을 중단함으로써 동일메시지에 대한 브로드캐스트 스톰을 방지한다. 그러나 차량이 동일 event_id에 대한 메시지를 랜덤(random) 시간동안 받지 못하면 수신한 메시지를 다른 차량들에게 전파하게 된다. 이 기법의 단점은 메시지 전송 대기 시간을 랜덤하게 선정하는 것이다[11]. 즉, 무선 네트워크의 문제로 랜덤시간 보다 늦게 도착하는 동일 메시지가 있다면 중복메시지를 전파하게 된다.

BROADCOMM [8]는 고속도로를 802.11의 전파 거리에 맞게 400m 단위의 셀(cell)로 분할한다. 각 셀에는 셀 관리자인 Cell Reflector(CR)를 두어 차량의 관리를 2계층으로 한다. 이는 셀룰러 통신망에서 기지국(base station)과 같은 개념이다. 즉, 통신을 위한 기반시설을 이용한 방식이다. 메시지 전송은 CR들 사이에 이뤄지며 각 CR들이 셀의 차량들을 관리한다. CR은 셀의 멤버들 중 하나가 선택되며 CR이 이동하여 셀을 벗어날 경우 셀의 다른 멤버들에게 알려져 새로운 CR을 선출하도록 한다. 셀 생성의 기본 가정은 모든 차량은 GPS를 장착하고 있어서 서로의 위치와 속도를 알고 있으며 주기적으로 갱신을 한다. 이기법의 기본 아이디어는 CR 사이에 메시지를 전송함으로써 중복 메시지가 전체 차량에게 전송되는 것을 방지하는 것이다. BROADCOMM의 단점은 CR의 선정 및 메시지 전파 알고리즘이 제시 되지 않았다. 또한 CR이 메시지를 브로드캐스트 할 때 현재 셀과 이웃셀의 차량이들이 동일한 메시지를 받을 수 있는데 이때, 동일 메시지 수신 거부에 대한 고려가 없다. 따라서 (그림 1)과 같이 중복메시지를 수신한다. 또한 고속도로와 같이 동적으로 토폴로지가 변경되는 상황에서 기반시설의 이용은 기반시설을 위한 범위의 제약으로 인한 한계를 갖는다[12].

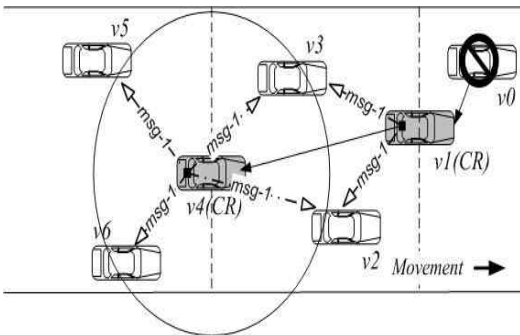


그림 1. BROADCOMM에서 중복메시지 수신
Fig. 1. Duplicate Message Receipt on BROADCOMM

III. 셀 기반의 메시지 브로드캐스트

사고가 발생한 소스노드로 부터의 응급메시지는 후방의 차량들에게 실시간으로 전송되어 추가 피해를 최소화해야한다. 그러난 기존의 브로드캐스트는 각 노드들이 주변노드의 수만큼 메시지를 다시 브로드캐스트 하기 때문에 MAC계층에서 메시지의 충돌이 발생하고 이는 메시지 수신 지연시간의 증가를 가져온다[13].

3.1 셀과 셀 대표 구성

논문에서 각 차량 노드는 GPS(geographical positioning system)를 장착하고 있으며 한 노드로부터 메시지가 도달할 수 있는 범위는 300m로 가정한다. 메시지는 사고차량을 기준으로 전후방 600m 범위에 전달된다. 셀은 대표 노드인 cp를 기준으로 메시지 전달 방향에 구성된다.

사고차량이 응급메시지를 브로드캐스트하면 메시지를 받은 노드들 중 가장 가까운 노드가 cp1이 된다. 셀은 노드들이 고속도로에서 동적으로 이동하면서 구성되며 cp1의 메시지 전송 반경은 전후방 300m이므로 사고차량이 포함된다. 두 번째 셀은 cp1에서 가장 멀리 있는 노드를 cp2로 하여 구성된다. 각 cp들은 메시지를 브로드캐스트 하며 전방으로 전송되는 메시지는 기존의 노드들이 이미 수신한 것이므로 무시된다.

실제 상황에서는 셀구성과 메시지 전송이 실시간으로 이루어지지만 논문에서는 이를 두 부분으로 나누어 설명한다. 본 논문에서 셀 대표에 대한 정의는 다음과 같다.

정의 1. 브로드캐스트 셀 대표

한 셀을 c, 셀 대표를 cp, 응급 메시지를 처음 발생하는 소스 노드를 se 라 하자. N은 셀에 있는 각 차량일 때 각 셀의 대표 노드인 cpi는 다음과 같이 정의한다.

$$cp_i = \begin{cases} \text{MIN}(\sqrt{(N_i.x - s_e.x)^2 + (N_i.y - s_e.y)^2}) & , \text{if } s_e = \text{emergency_node} \\ \text{MAX}(\sqrt{(cp_i.x - N_i.x)^2 + (cp_i.y - N_i.y)^2}) & , \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

정의1과 같이 선정된 cp들은 각 셀을 대표하며 셀 멤버들에게 메시지를 전송할 책임을 진다. 셀 구성은 차량의 이동환경에서 동적으로 구성되며 셀 대표들은 다음과 같은 관계를 갖는다.

정의 2. cp들의 관계

각 셀을 관리하는 셀 대표 노드를 cp라 하고 응급 메시지를 처음 발생하는 소스 노드를 se 라 하자. 노드 위치 또는 노드간의 거리를 \overline{cp} 와 같이 바(bar)로 나타내면 분할된 셀의 cp들의 관계는 다음과 같다.

$$\forall \overline{cp}_i < \overline{s_e} \quad \text{AND} \quad \overline{(cp_i - cp_{i+1})} \leq 300 \dots\dots\dots (2)$$

위 수식(2)에서 cp1로부터 가장 멀리 있는 노드 N이 새로

운 셀 c_2 의 cp_2 가 된다. 이는 가장 멀리있는 노드를 셀관리자로 선택함으로써 메시지 전송범위에서 cp 를 선정하기 위한 것이다.

3.2 응급 메시지 브로드캐스트

소스 노드는 응급상황에서 (그림 2)와 같은 구조로 메시지를 생성하여 cp_1 에 전송한다. 먼저, (그림 3)에서 사고 차량인 소스노드(source node)로부터 응급 메시지가 발생되면 가장 가까운 노드에게 메시지를 전달하고 cp_1 으로 선택한다. cp_1 은 주파수 도달 거리의 멤버 노드들에게 수신한 메시지를 브로드캐스트하며 정의와 같이 가장 먼 거리의 노드를 셀 c_2 의 cp_2 로 선택한다. cp_2 는 수신한 메시지를 전송범위의 멤버 노드들에게 다시 전송하면서 cp_3 를 선정한다. 이때, cp_2 의 브로드캐스트 메시지는 cp_1 의 노드들에게도 중복 전송되지만 cp_1 의 노드들은 메시지 헤더에서 셀 정보가 있는지 확인하고 해당 메시지를 무시한다. 이렇게 함으로써 한번 메시지를 수신했던 노드는 동일 메시지를 다시 수신하지 않으며 브로드캐스트 스톱의 문제가 해결된다.

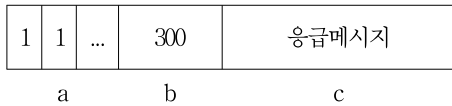


그림 2. 메시지 구조
Fig. 2. Message Structure

(그림 2)의 메시지 구조에서 엔트리(entry) a는 10비트로 구성된 셀번호이며 왼쪽이 LSB이다. 총 1024개의 셀 번호를 부여할 수 있다. 메시지를 브로드캐스트 하기 전에 cp_1 은 자신의 셀번호를 1로 설정하고 메시지를 전송한다. 각 노드들은 처음 수신한 메시지의 헤더 a의 최중값으로 자신이 속한 셀을 확인한다. 예를들어 cp_2 가 a(01)로 전송하면 셀 c_2 의 노드 Nc_2 는 자신이 2번 셀임을 인식한다. 또한 a가 11인 메시지를 Nc_2 가 수신한 경우 자신의 셀번호 2를 벗어나므로 이전에 수신한 중복메시지임을 감지하여 수신하지 않는다. 엔트리 b, c는 각각 셀을 지정하는 주파수 도달 거리와 소스 노드가 생성한 응급메시지이다.

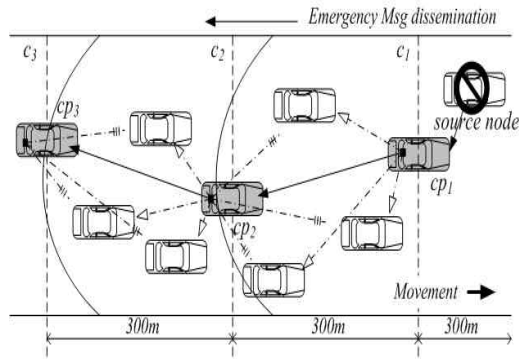


그림 3. MBC에서 응급 메시지 전송
Fig. 3. Emergency Message Transmission from MBC

동적으로 셀과 셀 대표를 구성하는 알고리즘은 (그림 4)와 같다.

```

1. Algorithm: Emergency message dissemination into cells.
2. Procedure Broadcast_eMessage(msg eMsg)
3. Input: eMsg is a emergency message.
4. Output: eMsg is repeatedly broadcasted.
5. Begin
6.   static bit cellNumber;
7.   Open eMsg.Header for checking the cell number;
8.   If (eMsg.Header.cellNumber == null) { //The first time message.
9.     If (MIN_DIST(nodeSource.Location, thisNode.Location)) {
10.      thisNode.cpNode ← ++cellNumber;
11.      eMsg.Header.cellNumber ← cellNumber;
12.      thisNode.Broadcast eMsg;
13.    }
14.  } Else { //The cellNumber is not null.
15.    If (eMsg.Header.cellNumber > thisNode.cellNumber) {
16.      If ((eMsg.Header.cellNumber-1)*300 < thisNode.Location
17.        <= eMsg.Header.cellNumber*300){
18.        thisNode.cellNumber ← eMsg.Header.cellNumber;
19.        If (MAX_DIST(thisNode.Location, prev_cp.Location) {
20.          thisNode.cpNode ← ++cellNumber;
21.          eMsg.Header.cellNumber ← cellNumber;
22.          Send ACK to prev_cp;
23.          thisNode.Broadcast eMsg;
24.        }
25.      }
26.    } Else Ignore eMsg;
27.  }
28. End
    
```

그림 4. 응급 메시지 전송과 셀 구성 알고리즘
Fig. 4. Emergency Message Transmission and Cell Structure Algorithm

먼저, 응급노드는 헤더(header)를 포함한 응급메시지를 브로드캐스트 한다. 이때, 메시지는 후방 300m 안의 노드들에게 전달된다. 각 노드들은 응급메시지를 수신하고 헤더에서 셀번호를 확인 한다(7-8줄). 처음 발생한 메시지가 확인되면 각 노드들은 소스노드와 자신의 위치를 비교하여 가장 근 거리에 있는지 확인 후 cp_1 로 지정한다. 헤더에 셀번호(cellNumber)

를 저장하고 수신한 응급메시지를 메시지 도달 범위의 노드들에게 전송한다(9-12줄).

두 번째 셀은 cp1으로부터 가장 먼 노드가 cp2로 선정되면서 구성된다. 알고리즘에서 14줄은 셀정보가 있는 메시지가 도착했을 때 수행된다. 한 노드의 셀번호가 헤더의 셀번호보다 작고 노드의 위치가 이전 셀범위 보다 크면 새로운 메시지로 판단한다(15-18줄). 메시지 도달 범위의 노드들 중 이전 cp에서 가장 먼 노드가 다음 셀 대표인 cp2로 설정되고 메시지를 멤버들에게 전송한다(19-23줄). 이때, 22줄과 같이 새로 선출된 cpi는 이전 cpi+1에게 ack를 전송함으로써 자신의 존재를 알린다. 26줄에서 메시지 수신 대상이 아닌 노드들은 해당 메시지를 무시한다.

각 노드들이 동적으로 이동하므로 셀을 구성 후 토폴로지가 자주 변경된다. 그러나 MBC기법은 응급 메시지가 발생하면 해당 시점부터 새로운 셀을 동적으로 구성하므로 토폴로지 변경에 영향을 받지 않는다. 만약, 토폴로지가 변경되지 않은 상태에서 새로운 응급 메시지가 발생하였다면 cp들 사이에 유니캐스트로 메시지 전송이 가능한데 이는 각 cp들이 cpi+1 노드를 알고 있기 때문이다.

본 알고리즘은 셀 대표인 cp 중 하나가 사고를 당하여 응급메시지를 발생하는 경우에도 동일하게 적용된다. 즉, (그림 3)의 cp2가 사고를 당한 경우에 cp2는 셀 c2에서 가장 가까운 노드를 대상으로 새로운 new_cp를 선정하게 되며 기존 알고리즘에 따라 메시지를 전송한다. 이때, 셀 c1의 차량들은 cp1(사고는 source node가 포함)으로부터 응급메시지를 받게되며, 셀 c2, c3의 차량들은 new_cp로부터 cp2가 사고를 당했다는 응급메시지를 받게 된다. 각 차량들은 자신의 전방위에서 전송된 1차적인 응급메시지를 받게 되므로 도로 상황에 즉각적으로 대응할 수 있다.

IV. 실험 및 성능 평가

4.1 실험 환경

응급메시지 브로드캐스트에서 중요한 평가요소는 메시지 전달 지연시간의 최소화이다. 따라서 본 논문에서 제안한 MBC 기법은 유사한 방법으로 메시지를 전송하는 BROADCAST와 비교하여 지연시간을 측정하였다. 시뮬레이션은 네트워크 시뮬레이터인 OmNet++에서 수행하였으며 실험에 사용된 파라미터는 (표 1)과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation Parameter

파라미터	값
무선도달범위	전후 300m
차량 수	100대
차량 분포	Uniform
긴급메시지 크기	128바이트
차량 속도	80Km/h
도로 길이와 폭	1.2Km×12m

4.2 성능 평가

시뮬레이션에 포함된 차량의 수는 100대를 기준으로 하였으며 차량 분포는 균등분포(Uniform)로 가정하였다. 이때, 차량은 평균 80Km/h로 이동 중이지만 토폴로지(topology)가 유지되는 것으로 가정한다. 메시지의 크기는 128바이트이며 헤더에는 10비트의 셀번호를 포함한다. 차량 분포는 DaVisual [14]을 이용하여 (그림 5)와 같이 1.2Km×12m의 동일한 도로 길이에 차량의 수를 20~100대 까지 늘려 실험하였다. (그림 5)는 도로에서 100대의 차량이 균등 분포된 모습이다.

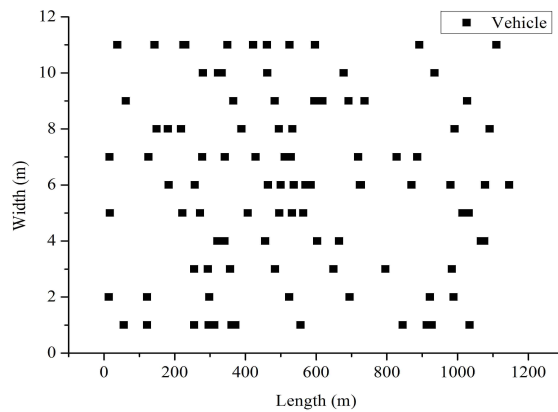


그림 5. 차량 노드의 분포
Fig. 5. Distribution of Vehicle Node

제안 기법과 기존 브로드캐스트 기법의 성능 평가는 (그림 6)과 같다. 응급 메시지 발생 후 최종 노드까지 도착하는 데 걸리는 시간은 일반적인 브로드캐스트인 Broadcast의 경우 가장 많은 시간이 소요되었다. 이는 모든 노드들이 메시지를

재전송함으로써 최종 노드까지의 도착 지연시간이 증가하기 때문이다.

고속도로를 셀로 구분하고 Base station을 이용한 BROADCAST의 경우 Broadcast보다 낮은 지연시간을 나타낸다. 메시지를 셀의 CR로 전송함으로써 전체 노드로 전송하는 Broadcast보다 좋은 성능을 나타내지만 노드의 수가 증가할수록 전송지연시간이 증가한다.

논문에서 제안한 MBC기법의 경우 (그림 6)과 같이 노드의 수가 증가함에 따라 메시지 지연시간이 감소한다. 그러나 노드가 60일 때부터 거의 일정한 수준을 유지한다. 이는 노드 밀집도가 증가해도 메시지가 cp 노드를 통해 전달되기 때문에 최종노드까지의 전달 시간에는 크게 영향을 미치지 않기 때문이다.

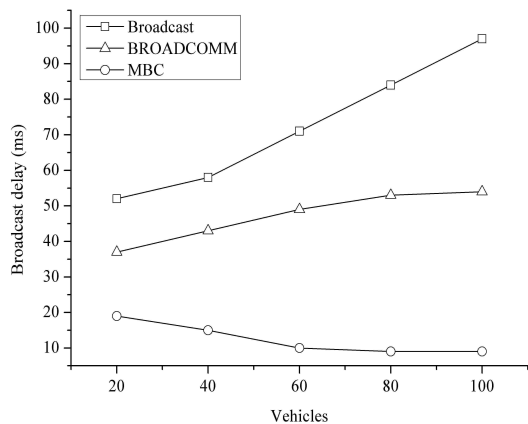


그림 6. 메시지 브로드캐스트 시간 비교
Fig. 6. Message Distribution Time Comparison

(그림 6)과 같이 BROADCAST는 응급 메시지가 셀 경계의 전후방 노드들에게 모두 전달되어 메시지 충돌이 발생하여 MBC 기법보다 많은 지연시간이 걸리는 것으로 나타난다. 노드수가 20일 때는 MBC의 지연시간이 20ms에 가까운데 이것은 노드 수가 1.2Km에 균등 분포되어 노드사이의 전송 거리가 멀어서 나타난 결과이다. 따라서 MBC기법은 동적 환경에서 토폴로지가 신속하게 재 구성되며, 노드가 많은 경우에도 브로드캐스트 스톱에 영향을 받지 않고 메시지를 전달할 수 있다.

V. 결론

본 논문의 MBC 기법은 차량의 이동 중에 동적으로 토폴로지를 구성하여 기존의 브로드캐스트 기법보다 빠른 시간 안에 응급 메시지를 전송하는 새로운 기법이다. 시험결과에서도 알 수 있듯이 차량들을 셀로 구분하고 셀 대표인 cp 노드를 선정하여 cp 노드에게만 메시지를 전송하기 때문에 기존 브로드캐스트 보다 빠르다. 각 셀의 멤버노드들도 수신한 메시지를 브로드캐스트 하지만 헤더의 셀정보에 따라 메시지를 수신하지 않게 되어 중복 메시지 수신에 따른 성능저하가 발생하지 않는다. 향후 우리는 이 기법을 VANET에 적용하여 적응형 메시지 전송 프로토콜로 확장하는 연구를 진행할 것이다.

참고문헌

- [1] 서대회, 이임영, "유비쿼터스 환경을 위한 다중 사용자 기반의 안전하고 효율적인 무선 네트워크 관리 기법 제안," 한국정보처리학회논문지C, Vol.13-C, No.1, 1-10쪽, 2006년 2월.
- [2] Mihail, L.S., "Inter-Vehicle Communication Systems: A Survey," Vol.10, No.2, pp. 88~104, 2008년.
- [3] 박윤환, 박재복, 김승해, 조기환, "차량 애드혹 네트워크에서 Busy tone을 이용한 긴급 메시지 브로드캐스트," 한국정보과학회 학술발표논문집(A), 제 35권, 제 1호, 259-260쪽, 2008년 6월.
- [4] Ni, S.Y., Tseng, Y.C., Chen, Y.S. and Sheu, J.P., "The Broadcast Storm Problem in a Mobile Ad Hoc," Mobicom, pp.151-162, 1999년.
- [5] 최재훈, 이진승, 강재우, "하이브리드 브로드캐스트 환경에서 효과적인 동적 브로드캐스팅 기법," 한국컴퓨터정보학회논문집, 제 14권, 제 2호, 103-110쪽, 2009년 2월.
- [6] 유석대, 조기환, "차량동위그룹을 이용한 차량 간 긴급 메시지 전파 방법," 한국정보과학회논문지, 정보통신, 제 34권, 제 5호, 340-347쪽, 2007년 10월.
- [7] Subir, B, Raymond T, Francois D, "Vehicle-to-Vehicle Wireless Communication Protocols for Enhancing Highway Traffic Safety", IEEE Communications Magazine, pp. 74-82, 2006.
- [8] Mimoza, D., Arjan, D., "Emergency Broadcast Protocol for Inter-Vehicle Communications",

Proceedings of the 2005 11th International Conference on Parallel and Distributed Systems(ICPADS), Vol. 2, pp. 402-406, July 2005.

- [9] 김태환, 홍원기, 김희철, “차량 애드혹 네트워크에서 경쟁 윈도우를 이용한 메시지 브로드캐스트 기법,” 정보과학회 논문지, 정보통신, 제 34권, 제 6호, 423-434쪽, 2007년 12월.
- [10] 이호선, 조익래, 이균하, “대규모 무선 센서 네트워크 환경을 위한 다중 Sink 브로드캐스팅 기법 설계,” 한국컴퓨터정보학회논문지 제 10권, 제 4호, 239-248쪽, 2005년 09월.
- [11] 유종덕, 정수환, “차량 안전 통신을 위한 거리와 랜덤 기반 브로드캐스트 기법,” 한국전자공학회논문집, TC, 제 45권, 제 11호, 69-76쪽, 2008년 11월.
- [12] 정성원, 박성균, 최근하, “무선 브로드캐스트 환경에서 편향된 액세스 패턴을 가진 모바일 트랜잭션을 위한 효과적인 동시성 제어 기법,” 정보과학회논문지, 데이터베이스, 제 33권, 제 1호, 69-85쪽, 2006년 02월.
- [13] 박채철, 김윤희, 송익호, “다중-셀 다중 안테나 직교 주파수분할 다중화 기반 브로드캐스트 전송 방식의 아웃 티지 성능,” 한국통신학회논문지, 제 33권, 제 7호, 720-726쪽, 2008년 07월.
- [14] Spatial data generator, DaVisual Code1.0, <http://isl.cs.unipi.gr>.

저 자 소개



주 헌 식
 2005년 : 이주대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
 1997년 ~ 현재 : 삼육대학교 컴퓨터 학부 부교수
 관심분야 : 모바일컴퓨팅, 디지털콘텐츠 정보보안, 센서 네트워크



김 종 완
 2007년 : 고려대학교 컴퓨터학과 (이학박사)
 2009년 : 건국대학교 정보통신대학 연구 교수
 2010년 : 삼육대학교 경영정보학과 연구 교수
 관심분야 : 분산모바일시스템, 센서 네트워크, 차량간 통신 (V2V)