Journal of the Korean Data & Information Science Society
2013, **24**(6), 1297–1307

http://dx.doi.org/10.7465/jkdi.2013.24.6.1297
한국데이터정보과학회지

차량 망에서 긴급 메시지 전파를 위한 LV-CAST 알고리즘[†]

배인한[1]

[1]대구가톨릭대학교 IT공학부

접수 2013년 9월 9일, 수정 2013년 9월 24일, 게재확정 2013년 10월 11일

요 약

차량 망을 위해 개발된 다수의 멀티-홉 응용들은 근접한 이웃 차량들을 발견하거나 어떤 지리적 지역 내에 위치하는 다른 차량들에게 유용한 트래픽 정보를 전파하기 위한 수단으로 방송을 사용한다. 그러나 일반적인 방송 메커니즘은 지나치게 많은 패킷 방송에 기인하여 링크 계층에서 높은 수준의 경쟁과 충돌이 발생하는 방송 폭풍 문제를 유발시킬 수도 있다. 방송 폭풍 문제를 해결하기 위하여, 이 논문에서는 안전 관련 긴급 메시지를 전파하는 RPB-MACn 기반 차량 방송 알고리즘인 LV-CAST (the Last Vehicle-based broadCAST)를 제안한다. 제안하는 LV-CAST에서는 긴급 메시지를 전송하는 차량으로부터 그 긴급 메시지를 수신한 노드의 바로 뒤따라오는 노드까지 1홉 연장거리를 계산하여 전송범위 내의 마지막 노드를 식별하고, 그 마지막 차량만이 긴급 메시지를 재방송하도록 한다. 제안하는 LV-CAST의 성능을 모의실험으로 평가하고 다른 메시지 전파 알고리즘들과 비교한다.

주요용어: 긴급 메시지, 근거리 전용 통신, 방송, 안전 응용, 차량 망.

1. 서론

지능형 교통 시스템에 대한 유망한 해결책인 VANET (vehicular ad hoc network)에 관한 연구는 최근에 도로 안전의 절실한 요구에 따라 빠르게 진행되고 있다. 도로에 지속적인 차량의 증가로, VANET의 안전 응용은 수천 명의 생명을 구하는 아주 중요한 응용이다. 동적, 랜덤, 멀티-홉 위상에서 완전한 이동성과 응용을 지원하는 VANET의 특성은 위상 변화가 빠르나 예측가능하고, 망의 단편화가 자주 발생하나 노드들의 이동성은 규칙적이다. 그리고 노드들은 에너지 제약 문제를 겪지 않고, GPS (global positioning system)와 같은 외부 장치로부터 풍부한 정보를 제공 받는다 (Yang과 Shen, 2010).

차량망은 모바일 노드들, OBU (on board units)를 장착한 차량들, 그리고 도로를 따라 설치된 하부구조에 부착된 RSU (road side units)라 부르는 고정 노드들로 구성되어 진다. OBU와 RSU 장치들은 유선/무선 통신 기능들을 가지고 있다. OBUs는 서로 통신할 수 있고 애드 혹 방식으로 RSUs와 통신할 수 있다. 차량 망에는 주로 2가지 종류의 통신 시나리오 즉, V2V (vehicle-to-vehicle)와 V2R (vehicle-to-RSU)가 있다. RSU는 서로 통신할 수 있고 Figure 1.1에서 보여 진 것처럼 인터넷과 같은 다른 망과 통신할 수 있다 (Moustafa와 Zhang, 2009).

VANET을 위하여 제안된 DSRC (dedicated short range communication)는 공공 안전 응용들과 개인 안전 응용 모두를 효율적으로 지원할 수 있다. 미국에서, 1999년에 FCC (federal communication

[†] 이 논문은 2013년도 대구가톨릭대학교 교내연구비 지원에 의한 것임.
[1] (712-702) 경북 경산시 하양읍 하양로 13-13번지, 대구가톨릭대학교 IT공학부, 교수.
E-mail: ihbae@cu.ac.kr

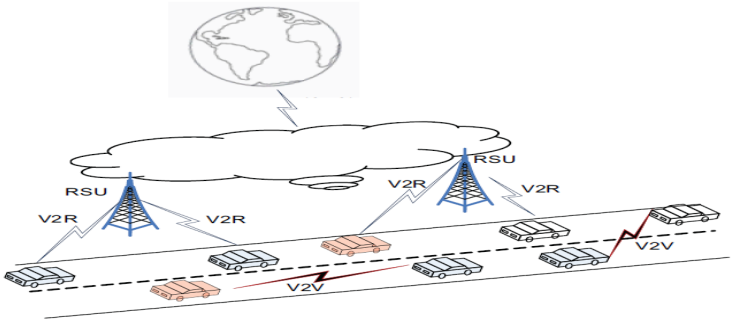

Figure 1.1 VANET architecture

commission)는 DSRC를 위하여 5.9 GHz 밴드에서 75 MHz 대역폭을 할당하였다. 그리고 DSRC를 위해 5.8 GHz 밴드가 유럽과 일본에서 각각 할당되었다. 더욱이, IEEE 태스크 그룹은 DSRC의 PHY 계층과 MAC 계층을 위한 IEEE 802.11p 표준화 작업을 하고 있다. IEEE 802.11p는 기존 표준 802.11a에 기초하고 있고, 노드들의 고속 이동을 지원하기 위하여 다소의 수정이 있었다. VANET의 동적 개방 속성에 기인하여, 랜덤 액세스 프로토콜이 사용가능하고 IEEE 802.11 액세스 방법이 V2V 통신을 위한 기초로 폭넓게 사용되고 있다 (Moustafa와 Zhang, 2009).

방송은 VANET에서 특히, 어떤 차량의 상태 (예, 위치, 속도, 방향, 가속도 등)를 그것의 이웃 차량들에게 알리기 위하여 주기적으로 방송되는 라우트 메시지와 어떤 차량의 운행이 비정상일 때 발생되는 긴급 메시지와 같은 공공 안전 응용들에서 중요한 역할을 수행한다. 트래픽 밀도가 어떤 한계 이상일 때의 가장 심각한 문제 중의 하나는 가까운 곳에 위치하는 다수의 차량들에 의해 방송되는 지나친 개수의 동일한 안전 메시지 방송으로 인한 공유 매체의 질식이다. 공유 무선 매체 때문에, 그 패킷들을 무턱대고 방송 한다면 이웃 노드들 간의 전송 동안에 빈번한 경쟁과 충돌을 일으키게 된다. 이 문제를 방송 폭풍 문제라 한다 (Ni 등, 1999).

본 논문에서는 차량 망에서 안전 관련 긴급 메시지의 방송 폭풍 문제를 해결하기 위하여, RPB-MACn (Chigan 등, 2006) 기반으로 긴급 메시지를 전송하는 노드로부터 그 긴급 메시지의 수신 노드의 바로 뒤따라오는 노드까지의 1홉 연장거리를 계산하여 전송범위 내의 마지막 노드를 식별하고, 그 마지막 노드만이 긴급 메시지를 재방송하는 LV-CAST 알고리즘을 제안한다. 여기서 1홉이란 멀티홉 라우팅에서 하나의 라우터에서 다음 라우터까지의 단계를 말한다. 2절에서는 VANETs에서 긴급 메시지 전달과 관련된 기존 연구들을 살펴보고, 3절에서는 차량들 간의 동일한 긴급 메시지에 대한 전송 충돌이 거의 없는 최적 차량 방송 프로토콜인 LV-CAST를 제안하고, 4절에서는 모의실험을 통하여 제안하는 LV-CAST의 성능을 평가한다. 마지막으로 5절에서 결론 및 향후연구 방향에 대해 기술한다.

2. 관련연구

정보 전파 프로토콜을 위한 효율적이고 확장 가능한 구조의 설계와 구현은 많은 차량 안전 응용 개발을 위하여 해결되어야하는 도전적인 개방 연구 문제이다. 최근에, 다수의 방송 프로토콜들이 VANETs를 위하여 제안되었고, 그러한 방법들은 다음과 같이 분류될 수 있다 (Dar 등, 2010).

플로딩은 소스 노드가 그것의 모든 이웃들에게 메시지를 전파하는 가장 간단한 방송 기법이다. 플로딩을 통한 방송은 메시지의 증가된 중복성, 경쟁, 충돌, 그리고 네트워크에서 채널 대역폭의 낭비의 증

가를 일으킨다. 확률적 방법은 모바일 호스트들이 어떤 확률에 따라 메시지를 방송하는 것을 제외하고 플로딩과 유사하다. 이 확률적 방법은 밀집한 트래픽 시나리오에서 잘 작동하지만 그것의 성능은 희소 네트워크에서 악화된다. 카운트 기반 방송에서, 만일 RDT (random delay time) 후에 어떤 노드가 수신한 사본의 개수가 임계값 보다 작으면 어떤 메시지는 재방송될 것이다. 그것은 각 홉에서 메시지 지연이 발생하여 지연에 민감한 응용들에 적합하지 않다. 클러스터 기반 방법은 방송을 위해 이동 호스트들을 클러스터로 형성하여 사용한다. 하나의 클러스터 내에서 각 호스트는 멤버로 취급되고, 그리고 하나의 클러스터 헤드가 있고, 하나의 게이트웨이 노드는 메시지 중계에 책임이 있다.

Simple 방송 (Tonguz 등, 2007)은 VANET을 위한 V2V 안전 긴급 응용에 사용되는 가장 간단한 프로토콜이다. 사고가 발생하면, 안전 긴급 응용은 사고 장소를 향해 접근하는 모든 차량들에게 긴급 메시지를 전송 한다. 어떤 차량이 처음으로 방송 메시지를 수신한 후, 그 메시지를 재전송 한다. Simple 방송 방법은 다음의 두 가지 문제점이 있다. 첫째, 플로딩 때문에 다수의 중복 재방송이 있을 수 있다는 점과 둘째, 어떤 메시지가 아주 가까운 곳에 위치하는 많은 호스트들에 의해 수신될 확률이 매우 높다는 점이다.

p-Persistence (Tonguz 등, 2007)는 긴급 메시지를 재방송할 차량을 결정하기 위하여 확률적 선택 방법을 사용하여 방송 폭풍 문제 축소를 시도한다. 어떤 차량이 처음으로 방송 메시지를 받으면, 그 차량은 임의의 확률 p로 긴급 메시지를 재방송 한다. 이 방법은 방송 메시지를 받은 모든 노드들이 재방송하지 않는다면, 긴급 메시지 분실을 야기할 수 있다.

Li 등 (2007)은 지향성 안테나를 사용하여 도시의 VANET을 위한 EDB (efficient directional broadcast)라 부르는 이상적인 방송 프로토콜을 제안하였다. 어떤 차량이 주행 중에 방송을 할 때, 가장 먼 수신자만이 그 패킷이 도착한 반대 방향으로 즉시 그 메시지를 전송할 책임이 있다. VANET 위상의 빠른 변화에 기인하여, EDB는 GPS 정보의 도움으로 그 패킷을 전송하기 위하여 수신자 기반 의사결정을 만든다. 어떤 차량이 어떤 패킷을 성공적으로 수신한 후, 그 차량은 그 패킷의 전송 결정을 취하기 전까지 일정 시간 기다린다. 이 시간 동안에, 그 차량은 동일한 패킷의 다른 중계를 수신한다. 그 대기시간은 식 2.1을 사용하여 계산될 수 있다.

$$Waiting\ Time = \left(1 - \frac{D}{R}\right) \times \max WT. \tag{2.1}$$

여기서 D는 그 패킷에 첨부된 송신자의 위치 정보와 자신의 위치 정보를 사용하여 얻을 수 있는 송신자로부터의 거리이고, R은 전송 범위를 나타낸다. maxWT는 차량 밀도에 따라 조정 가능한 매개변수인 최대 지연시간이다.

Chigan 등 (2006)은 혁신적인 RPB-MACn (relative-position-based MAC nucleus)을 제안하였다. 차량들의 상대적 위치를 위하여 전용 통신 채널 쌍과 관련된 전용 지향성 안테나를 조합하여, VANET을 위한 개념적인 무경쟁 (contention-free) RPB-MACn 메커니즘을 구현하였다. Figure 2.1는 VANETs에서 런-타임 정적 상대 위치 속성에 기초한 지향성 안테나 가용 MAC 설계를 보여준다. 여기서, 모든 차량들은 8개의 고정적으로 구성된 지향성 안테나들을 장착하고 있고, 각 안테나는 차량의 1홉 이웃들과 통신하기 위하여 하나의 무선 채널 상에 작동하는 하나의 상대적 위치 부근에 전담되어진다.

Bae (2010)는 차량이 도로의 현재 트래픽과 안전 메시지의 전송 노드와 수신 노드간의 거리에 따라 긴급 메시지를 동적으로 재방송하는 퍼지 논리 기반 긴급 메시지 전파 알고리즘인 FAMEDA를 제안하였다.

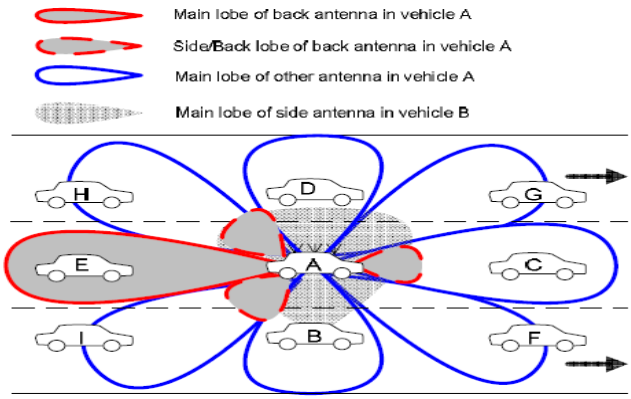

Figure 2.1 Directional antenna over single channel

3. LV-CAST 설계

LV-CAST는 매체 접근 제어를 위하여 동적 VANETs에 적합한 정적 채널 할당 방법인 RPB-MACn (Chigan 등, 2006)을 사용한다. RPB-MACn에서, Tn은 무선 채널 n 상의 전송을 가리키고, 반면에 Rn은 채널 n 상의 수신을 가리킨다. 정적 채널 할당 방법에서, 송수신 채널 코드 쌍은 모든 차량들에 대해 동일한 균일 순서에 따라 지향성 안테나에 할당되어진다. Figure 3.1에서 보여 진 것처럼, 전송 채널 T1∼T8은 모든 차량들을 위해 전방 안테나로부터 시계방향으로 출발하는 8개 송신기에 할당된다. 만일 차량들이 같은 방향으로 운행되고 있다면, 호스트 차량 A는 그것의 전방에 있는 차량 (C)의 후위 안테나와 항상 통신할 수 있다. 전위 안테나는 채널 1 (T1)로 전송할 수 있으므로, 차량 C의 후위 안테나는 수신을 위하여 채널 1 (R1)을 사용해야 한다. 반면에, 차량 C의 후위 안테나는 채널 5 (T5)로 전송하고, 호스트 차량 A의 전위 안테나는 채널 5 (R5)로 수신해야 한다. 정적 균일 채널 할당 순서가 전방 안테나로부터 시계방향으로 시작하는 모든 8개 안테나를 위하여 모든 차량들에 전송 채널 T1→T2$\cdots$T7→T8을 적용할 때, 대응하는 수신 채널 할당 (R5→R6$\cdots$R8→R1$\cdots$R3→R4)은 전방 안테나로부터 시계방향으로 시작하는 모든 안테나를 위하여 자동적으로 결정되어진다. 모든 차량들은 다음 송수신 채널 쌍들 즉, T1/R5 (전방), T2/R6 (우측전방), T3/R7 (우측), T4/R8 (우측후방), T5/R1 (후방), T6/R2 (좌측후방), T7/R3 (좌측), T8/R4 (좌측전방)을 할당 받는다.

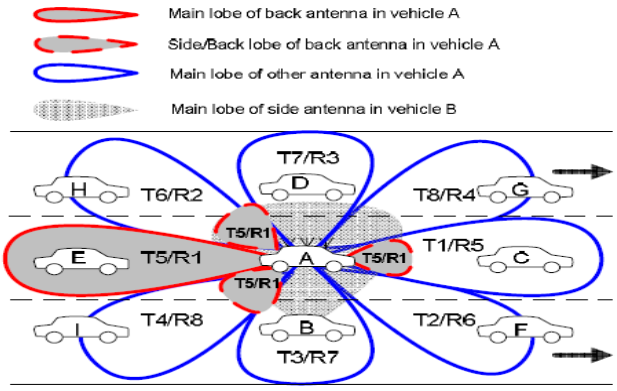

Figure 3.1 Directional antenna with dedicated channel pair

RPB-MACn에 기반 한 LV-CAST 알고리즘 구조는 Figure 3.2와 같다. 여기서 Dis_XY는 차량 X와 차량 Y간의 거리가 저장되는 변수이다. 어떤 차량이 안전 관련 긴급 메시지를 수신하면, 그 차량은 LV-CAST를 실행한다. 먼저 그 메시지가 처음으로 수신된 메시지인지를 검사한다. 그렇다면, 메시지 수신 차량 (X)은 DistoNN(X, c h)를 호출하여 3개의 채널 쌍 (ch) 즉, T5/R1, T4/R8, T6/R2을 기반으로 홉 간 통신을 사용하여 바로 뒤따라오는 차량 간의 거리를 구하고, 그리고 긴급 메시지 송신 차량과 그 메시지 수신 차량 간의 거리와 그 메시지 수신 차량과 바로 뒤따라오는 차량 간의 거리를 합한 1홉 연장 거리를 계산한다. 만일 그 1홉 연장거리가 DSRC의 전송범위 (R)를 초과하면, 그 수신 차량은 송신 차량의 전송 범위내의 마지막 위치에 있는 차량이 될 것이다. 왜냐하면, 전송 범위의 마지막 차량이 아닌 다른 차량들은 그 전송 범위 내에 바로 뒤따라오는 차량들이 존재하기 때문이다. 따라서 그 수신 차량은 그 긴급 메시지를 전송범위 내의 모든 노드들에게 재방송한다. 아니면, 수신 차량은 그 긴급 메시지를 재방송하지 않는다.

```
LV-CAST(m, S, X, Dis_SX, R, ch)
// m is a safety message.
// S is a sending vehicle of the safety message m.
// X is a receiving vehicle of the safety message m.
// Dis_SX is the distance from S to X.
// R is transmission range.
// ch is dedicated channel pairs:  T5/R1 and T4/R8 or T6/R2.
{
   integer Dis_XY, ExDis_XY;
   if (receiving the safety message m for the first time == yes) {
      Dis_XY = DistoNN(X, ch);
      // Y is the next node of the receiving node X.
      ExDis_SY = Dis_SX + Dis_XY;
      if (ExDis_SY > R)
        Broadcast(m, X, ch);
   }
}
```

Figure 3.2 LV-CAST algorithm

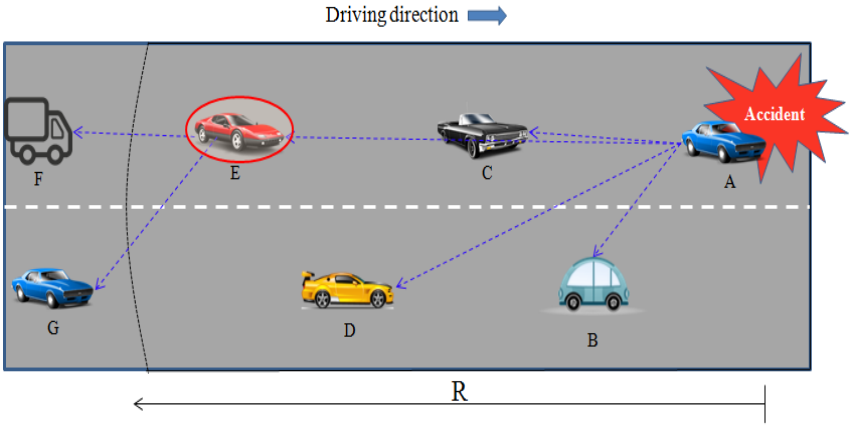

Figure 3.3 Illustration example of LV-CAST

Figure 3.3은 LV-CAST의 적용 예를 보여준다. 차량 A가 교통사고를 탐지하면, DSRC의 전송 범위 내의 모든 차량들에게 긴급 메시지를 방송한다. 긴급 메시지를 수신한 차량이 계산한 전송차량으로부터 그 수신차량의 바로 뒤따라오는 차량까지의 1홉 연장거리는 Table 3.1과 같다. 따라서 차량 E가 긴급

메시지를 방송한 차량 A의 전송 범위내의 마지막 위치에 있는 차량이 되어, 수신한 긴급 메시지를 2개의 채널 쌍 즉, T5/R1, T4/R8을 사용하여 DSRC의 전송범위 내의 모든 차량들에게 재방송한다.

Table 3.1 The distance extending on 1 hop from the sending node of an emergency message to the next node of receiving node of the message

Receiving vehicle	Distance extending on 1 hop	Remarks
B	ExDist_AC=Dist_AB+Dist_BC	ExDist_AC < R
C	ExDist_AD=Dist_AC+Dist_CD	ExDist_AD < R
D	ExDist_AE=Dist_AD+Dist_DE	ExDist_AE < R
E	ExDist_AF=Dist_AE+Dist_EF	ExDist_AF > R

그 결과, 차량 A가 방송한 차량 트래픽 관련된 긴급 메시지는 전송 범위 내의 차량 B, C, D 그리고 E에 의해 수신되어진다. 그러나 그 전송 범위의 마지막 즉, 전송 차량으로부터 가장 멀리 떨어진 차량 E만이 수신한 긴급 메시지를 차량 F와 G로 재방송하고, 나머지 차량들 B, C 그리고 D는 수신한 안전 메시지를 방송하지 않는다. 따라서 차량들 간의 동일한 긴급 메시지에 대한 지나치게 많은 패킷 방송이 없어 방송 폭풍 문제를 해결할 수 있다.

4. 성능평가

LV-CAST의 주요 목적은 긴급 메시지를 수신한 차량들의 백분율을 의미하는 긴급 메시지의 성공률을 향상시키는 것이며 또한, 대부분의 VANET의 방송 프로토콜에서 발생하는 방송 폭풍을 감소시키는 것을 목표로 한다. 본 모의실험에서는 긴급 메시지 방송 프로토콜의 평가를 위하여 다음 3가지 척도를 사용한다.

- 충돌횟수: 모의실험 기간 동안에 발생한 안전 메시지의 충돌횟수
- 성 공 률: 안전 메시지를 수신한 차량들의 백분율
- 지연시간: 사고로부터 마지막 차량이 안전 메시지를 수신할 때까지 발생한 지연시간

제안하는 LV-CAST의 성능 평가를 위한 매개변수와 값은 Table 4.1과 같다. 여기서 경보 지역 거리는 어떤 트래픽 관련 안전 메시지가 통지되어야하는 지역의 반경을 나타낸다. 그리고 PHY/RPB-MACn은 IEEE 802.11p (Toor 등, 2008) 표준안을 따른다. 우리는 MATLAB 7.0 (Kay, 2010)을 사용하여 모의실험 프로그램을 작성하여 제안하는 LV-CAST의 성능을 평가한다. 모의실험에서, 차량 트래픽 밀도는 Gaussian 분포를 따르고, 트래픽 밀도는 편도 2차선 (왕복 4차선)에서의 교통 상황을 반영하여 설정하였고, 트래픽 편차는 차량 트래픽 특성을 반영하여 트래픽이 적을수록 큰 트래픽 편차 값을 갖고 트래픽이 많을수록 작은 트래픽 편차 값을 갖도록 하였다. 그리고 전파지연은 어떤 차량이 긴급 메시지를 생성한 시간에서부터 경보 지역의 마지막 차량이 그 긴급 메시지를 수신할 때까지의 시간으로 측정되어진다.

Table 4.1 Simulation parameters

Parameter	Value
Radius of alert region	2∼10 Km
Transmission range (R)	500 m
Maximum distance error of vehicular GPS	1 m
Traffic density (TD)	30∼150 $vehicles/Km$
Maximum traffic density ($maxTD$)	160 $vehicles/Km$
Traffic deviation	$(1.5*maxTD)/TD$
Number of lanes	4
Rebroadcast probability in p-Persistence	0.5
Transmission delay time	20 ms/hop
Maximum waiting time ($maxWT$)	120 ms

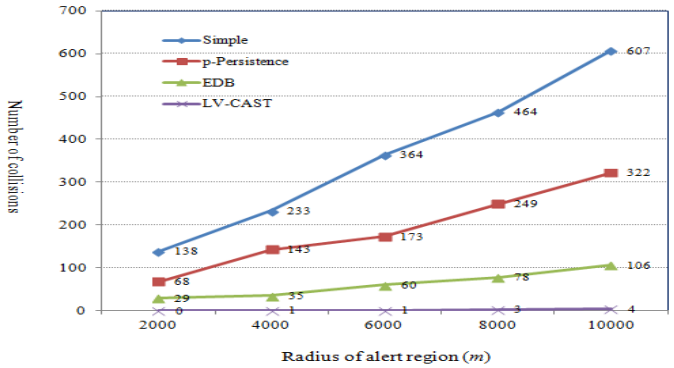

Figure 4.1 Number of collisions with alert region radius

Figure 4.1과 Figure 4.2는 트래픽 밀도가 30 vehicles/Km일 때, 경보 지역 반경에 따른 긴급 메시지 충돌 횟수와 긴급 메시지 전파 지연을 각각 보여준다. 메시지 충돌은 같은 전송 범위 내의 다수의 차량들이 동일한 긴급 메시지를 중복 재방송하여 발생된다. Figure 4.1으로부터, Simple 방송과 p-Persistence 방법에서는 동일한 긴급 메시지의 다수의 재방송으로 아주 많은 메시지 충돌이 발생하고, LV-CAST는 전송 범위내의 마지막 차량을 1홉 연장거리로 식별하여 그 마지막 차량만이 긴급 메시지를 재방송하기 때문에 메시지 충돌이 거의 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다.

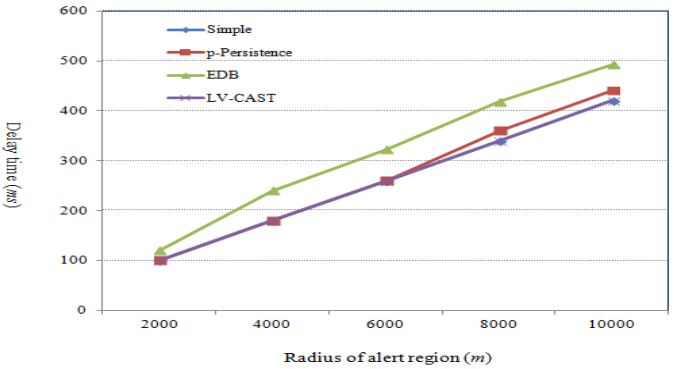

Figure 4.2 Delay time with alert region radius

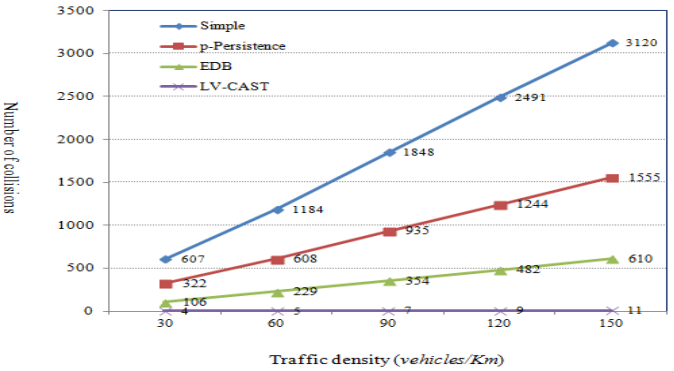

Figure 4.3 Number of collisions with traffic density

Figure 4.2은 경보 지역 반경에 따른 차량 방송 알고리즘들의 긴급 메시지의 전파 지연시간을 보여준다. 여기서 메시지 전파 지연시간은 긴급 메시지의 혼잡과 충돌에 따른 PHY/MAC 계층들의 지연시간을 고려하지 않고 긴급 메시지 전송 시간만으로 평가되었다. 그 결과, 제안하는 LV-CAST와 Simple 방송이 다른 방송 알고리즘들에 비해 짧은 메시지 전파지연을 갖는다. 그리고 긴급 메시지를 수신한 차량과 송신 차량 간의 거리에 의존하는 대기시간을 갖는 EBD와 확률적 방송을 사용하는 p-Persistence가 상대적으로 긴 메시지 전파 지연시간이 갖는다.

Figure 4.3은 경보 지역 거리가 10 Km일 때, 트래픽 밀도에 따른 긴급 메시지 충돌 횟수를 보여준다. Figure 4.1의 결과와 같은 이유로 Simple 방송과 p-Persistence 방법의 메시지 충돌 횟수는 트래픽 밀도가 증가할수록 선형 증가한다. 그러나 LV-CAST는 트래픽 밀도와 상관없이 아주 작은 메시지 충돌을 발생시켜 가장 우수한 성능을 제공한다.

모의실험 결과 자료에 대해 제안하는 LV-CAST 알고리즘의 유의수준을 검정하기 위하여 이원 분산분석(Two-way ANOVA; Kim 등, 2011)을 사용한다. 이원 분산분석은 두 개의 독립변수의 수준 변화에 따른 종속변수 값의 변화를 측정한다.

Table 4.2 Simulation result data for number of collisions by message dissemination algorithm, traffic density

		Traffic density				
		TD=30	TD=60	TD=90	TD=120	TD=150
Message dissemination algorithm	Simple	607	1184	1848	2491	3120
	p-Persistence	322	608	935	1244	1555
	EDB	106	229	354	482	610
	LV-CAST	4	5	7	9	7

Table 4.3 Two-way ANOVA output for number of collisions from Microsoft Excel

(a) Summary output

Summary	Count	Sum	Average	Variance
Simple	5	9250	1850	1003097.5
p-Persistence	5	4664	932.8	240638.7
EDB	5	1781	356.2	39756.2
LV-CAST	5	36	7.2	8.2
TD=30	4	1039	259.8	71168.3
TD=60	4	2026	506.5	265939
TD=90	4	3144	786	647836.7
TD=120	4	4226	1056.5	1173417.7
TD=150	4	5296	1324	1837580.7

(b) ANOVA

Source of variance	SS	df	MS	F	P-value
Message dissemination algorithm	9724512.6	3	3241504	17.1863	0.0001
Traffic density	2870688.2	4	717672	3.8051	0.0320
Error	2263314.2	12	188609.5		
Total	14858515	19			

우리는 이원 분산분석에 가장 적합한 자료 중에서 Figure 4.3의 트래픽 밀도에 따른 긴급 메시지 충동 횟수에 대한 모의실험 결과 데이터 (Table 4.2)를 사용하여 Microsoft Excel로 이원 분산분석 결과 (Table 4.3)를 얻는다. 이원 분산분석 결과 (Table 4.3(b))에서, 메시지 전파 알고리즘별 메시지 충돌 횟수는 같다는 가설에 대한 유의확률 (p-value)이 0.0001이므로 유의수준 0.05에서 이 가설은 기각된다.

그러므로 메시지 전파 알고리즘별 메시지 충돌 횟수는 모두 동일하다고 할 수 없다. 그리고 트래픽 밀도별 메시지 충돌 횟수는 같다는 가설에 대한 유의확률이 0.0320이므로 유의수준 0.05에서 이 가설은 기각된다. 그러므로 트래픽 밀도별 메시지 충동 횟수는 모두 동일하다고 할 수 없다. 따라서 메시지 전파 알고리즘과 트래픽 밀도의 변화에 따라 메시지 충돌 횟수가 변한다.

모의실험과 분산분석의 결과로부터, 제안하는 LV-CAST는 차량 트래픽 밀도의 변화에도 잘 작동하는 메시지 전파 알고리즘이라는 것을 확인하였다. 따라서 LV-CAST는 차량 트래픽이 적은 시골이나 교외뿐만 아니라 차량 트래픽이 극심한 도심에서도 적용 가능하다. 아울러, 모의실험한 모든 방송 알고리즘들은 경보 지역의 반경과 트래픽 밀도에 관계없이 경보 지역 내의 모든 차량들이 긴급 메시지를 수신하는 완벽한 성공률을 보였다.

5. 결 론

차량 망을 기존의 긴급 메시지 전파 알고리즘들은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. Simple 방송에서는 긴급 메시지를 수신한 모든 노드들이 그 메시지를 재방송하여 방송 폭풍 문제가 발생하고, p-persistence 방법에서는 긴급 메시지를 수신한 모든 노드들이 확률 p에 따라 그 메시지를 재방송한다. 따라서 확률 p가 높으면 방송 폭풍 문제가 발생하고, 확률 p가 낮으면 그 긴급 메시지를 받지 못하는 차량들이 발생하여 메시지 성공률이 떨어진다. 그리고 EDB 방법에서는 긴급 메시지를 수신한 차량이 그 메시지를 전송한 차량과의 거리에 따른 대기시간 동안에 그 메시지를 다시 받지 못하면, 그 메시지를 재방송한다. 따라서 대기시간 때문에 긴급 메시지 전파 지연시간이 길어진다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여, 본 논문에서는 전송범위 내의 마지막 노드만이 수신한 긴급 메시지를 대기시간 없이 즉시 재방송하여 방송 폭풍 문제, 메시지 성공률 그리고 메시지 전파 지연시간을 모두 해결하는 LV-CAST를 제안하였다. 제안하는 LV-CAST의 성능은 모의실험을 통하여 평가하였다. 그 결과, LV-CAST의 성능이 모든 성능 평가 척도 즉, 충돌횟수, 성공률, 지연시간에서 다른 메시지 전파 알고리즘들보다 우수함을 확인하였다.

향후 연구과제로는 교통사고를 사전에 예측하여 메시지 전파 지연시간을 줄이는 조기 경보 LV-CAST와 다양한 도로의 형태에서도 사용 가능한 적응적 LV-CAST 등이 있다.

References

Bae, I-H. (2010). Design and evaluation of an alert message dissemination algorithm using fuzzy logic for VANETs. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **21**, 783-793.

Chigan, C., Oberoi, V. and Li, J. (2006). RPB-MACn: A relative position based collision-free MAC nucleus for vehicular ad hoc networks. *IEEE Global Telecommunications Conference*, 1-6.

Dar, K., Bakhouya, M., Gaber, J. and Wack, M. (2010). Evaluating information dissemination approaches in VANETs. *International Conference on Pervasive Services*, 1-6.

Kay, M. G. (2010). *Basic concepts in matlab*, Department of Industrial and System Engineering, North Carolina State University, `http://www.ise.ncsu.edu/kay/Basic_Concepts_in_Matlab.pdf`.

Kim H-T., Yu H-J. and Hwang B-J. (2011). *Statistics applying EXCEL*, Bobmunsa, Paju.

Li, D., Huang, H., Li, X., Li, M. and Tang, F. (2007). A distance-based directional broadcast protocol for urban vehicular ad hoc network. *International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 1520-1523.

Ni, S-Y., Tseng, Y-C., Chen, Y-S. and Sheu, J-P. (1999). The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network. *Proceedings of the 5th Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking*, 151-162.

Moustafa H. and Zhang Y. (2009). *Vehicular networks techniques, standards, and applications*, CRC Press, Boca Raton.

Tonguz, O., Wisitpongphan, N., Bai, F., Mudalige P. and Sadekar, V. (2007). Broadcasting in VANET. *Mobile Networking for Vehicular Environments*, 7-12.

Toor, Y., Muhlethaler, P., Laouiti A. and Fortelle, A. D. L. (2008). Vehicle ad hoc networks: applications and related technical issues. *IEEE Communication Surveys & Tutorials*, **10**, 74-88.

Yang, Q. and Shen, L. (2010). A multi-hop broadcast scheme for propagation of emergency messages in VANET. *IEEE International Conference on Communication Technology*, 1072-1075.

Journal of the Korean Data & Information Science Society
2013, **24**(6), 1297–1307

http://dx.doi.org/10.7465/jkdi.2013.24.6.1297
한국데이터정보과학회지

An LV-CAST algorithm for emergency message dissemination in vehicular networks[†]

Ihn-Han Bae[1]

[1]School of Information Technology, Catholic University of Daegu

Received 9 September 2013, revised 24 September 2013, accepted 11 October 2013

Abstract

Several multi-hop applications developed for vehicular ad hoc networks use broadcast as a means to either discover nearby neighbors or disseminate useful traffic information to othet vehicles located within a certain geographical area. However, the conventional broadcast mechanism may lead to the so-called broadcast storm problem, a scenario in which there is a high level of contention and collision at the link layer due to an excessive number of broadcast packets. To solve broadcast storm problem, we propose an RPB-MACn-based LV-CAST that is a vehicular broadcast algorithm for disseminating safety-related emergency message. The proposed LV-CAST identifies the last node within transmission range by computing the distance extending on 1 hop from the sending node of an emergency message to the next node of receiving node of the emergency message, and the last node only re-broadcasts the emergency message. The performance of LV-CAST is evaluated through simulation and compared with other message dissemination algorithms.

Keywords: Broadcast, dedicated short range communication, emergency message, safety application, vehicular ad hoc network.

[†] This work was supported by research grants from the Catholic University of Daegu in 2013.
[1] Professor, School of Information Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea. E-mail: ihbae@cu.ac.kr