

도심의 차량 네트워크에서 긴급 메시지 전파를 위한 효율적인 브로드캐스트 기법

이 규 창*, 한 기 준°, 조 규 철*, 백 영 미*, 김 준 형*

An Efficient Broadcast Scheme for Disseminating Emergency Message in Urban Vehicular Ad-Hoc Networks

Kyu-chang Lee*, Ki-jun Han°, Keu-chul Cho*, Young-mi Baek*, Jun-hyung Kim*

요 약

본 논문은 차량이 사고가 발생하였을 때, 사고 차량이 가까이 있는 주위 차량에 긴급메시지를 전파하여, 다른 차량의 운전자들이 사고지점을 인지하고 회피할 수 있도록 효과적이고 빠른 브로드캐스트 기법에 관하여 기술하였다. 본 논문에서는 GPS(Global Position System)가 장착된 도심환경의 차량 네트워크에서 긴급 메시지를 빠르게 전파하는 방법을 제안한다. 전송 차량은 연속적이고 효과적인 메시지 전파를 위해 가장 멀리 있는 차량을 다음 릴레이 차량으로 미리 선정하고 전파를 하는 기법을 제안한다. 그리고 RSU(Road Side Unit)의 도움 없이 교차로를 인식할 수 있는 알고리즘을 제안하며, 끊어진 네트워크 상황에 대처하기 위해 헬로 메시지를 이용한 SCF(Store-Carry-Forward) 기법을 제안한다.

Key Words : Vehicular Ad-hoc Networks, Emergency Message, Broadcasting Protocol, Broadcast Storm Problem, Intersection Recognition Algorithm

ABSTRACT

If an accident vehicle propagates emergency messages to other vehicles close to it, the other drivers may realize and avoid the accident spot. In this letter, we propose a broadcast scheme to propagate emergency messages fast in urban VANETs (Vehicular Ad-Hoc Networks) with the help of GPS (Global Position System). In our scheme, a transmitting vehicle chooses the farthest node as the next relay vehicle to propagate emergency messages. And, we suggest an algorithm for intersection recognition and SCF (Store-Carry-Forward) task by taking advantage of periodic hello packets to reduce the propagation time and enhance the delivery ratio

I. 소 개

차량 네트워크(VANETs)는 도로안전과 상용 어플리케이션을 위해 최근에 제안되고, 이슈가 되고 있는

전송 네트워크이다^{1,3}. 특히, 긴급메시지를 도로 안전에 접목하여 사용한다면 운전자들은 앞에서 발생한 사고지점이 보이지 않음에도 미리 차량 사고에 대하여 인지할 수 있다. 그렇게 되면 운전자는 차선을 변

* 본 연구는 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(SW·컴퓨팅)의 일환으로 수행하였음.

[10041145, 자율군집을 지원하는 웰빙형 정보기기 내장 소프트웨어 플랫폼 개발

※ 이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0029034).

◆ 주저자 : 경북대학교 모바일통신공학과, kclee@netopia.knu.ac.kr, 학생회원

° 교신저자 : 경북대학교 IT대학 컴퓨터 학부, kjhan@knu.ac.kr, 정회원

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부, k5435n@netopia.knu.ac.kr, maya@netopia.knu.ac.kr, jhkim@netopia.knu.ac.kr, 학생회원

논문번호 : KICS2013-03-118, 접수일자 : 2013년 3월 5일, 최종논문접수일자 : 2013년 7월 10일

경하거나 목적지까지의 경로를 변경하여 사고지점에 대하여 대비할 수 있으며, 사고로 인한 교통체증을 줄일 수 있다⁴⁾.

브로드캐스트 프로토콜의 효과적인 설계는 보다 신뢰적인 차량 통신 서비스를 제공할 수 있다. 특히, 도심 환경에서 신뢰적인 브로드캐스트 프로토콜을 설계하기 위해 몇 가지 문제를 고려해야 한다. 첫째는 메시지를 전송하는 동안 발생할 수 있는 브로드캐스트 스톱⁵⁾ 문제이고, 둘째는 교차로지역에서는 여러 방향으로 빠르게 전파가 가능하다는 점이다. 마지막으로 빌딩 등의 장애물에 의해 통신이 방해받을 수 있는 점도 인지해야 한다.

본 논문에서는 내비게이션에 장착된 GPS를 이용하여 도심환경의 차량 네트워크에서 긴급메시지를 고속으로 전파하는 방법을 제안한다. 대부분 차량네트워크에서 제안된 브로드캐스트 프로토콜은 수신 차량이 스스로 릴레이 차량을 선택한다. 하지만 제안하는 기법은 전송시간을 줄이고, 불필요한 재전송을 막기 위해 전송 차량이 릴레이 차량을 미리 선택한다. 그리고 단절네트워크를 해결하기 위한 효율적인 SCF(Store-Carry-Forward) 방법과 기반 시설의 도움 없이 이웃 정보만을 이용하여 교차로상의 위치 여부를 판단할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

논문 2절에는 관련 연구에 관하여 간략히 설명한 후 3절에서 제안된 기법에 대해 상세히 기술하고, 4절은 시뮬레이션 결과를 설명하며 5절에는 결론으로 마무리하고 있다.

II. 관련 연구

네트워크 내에 모든 노드에 어떠한 정보를 전달하려고 한다면, 많은 노드가 반복적으로 브로드캐스팅을 해야 한다. 하지만 노드들이 브로드캐스팅을 위해 단순 플러딩을 사용한다면 효율적이지 못한 무선 자원 사용과 더불어 브로드캐스트 스톱⁵⁾이라 명명되는 네트워크 혼잡 문제가 발생할 수 있다.

UV-CAST²⁾는 도시의 차량 네트워크에서 자주 언급되는 브로드캐스트 프로토콜이다. 브로드캐스팅 범위(ROI : Region of Interest)를 지정하고 있으며, 연속적으로 잘 연결된 네트워크와 단절네트워크에서의 전파 방법을 제공하고 있다. 차량이 긴급 메시지를 받게 되면 우선 메시지를 전달할 수 있는 이웃의 유무(네트워크 단절 여부)를 판단한다. 그림 1에서처럼 차량 S로부터 메시지를 받은 차량 A는 차량 S와 이루어지는 직선과 이웃 노드들과의 각도를 계산하고, 최대

각도(θ_+)와 최소 각도(θ_-)를 구한다.

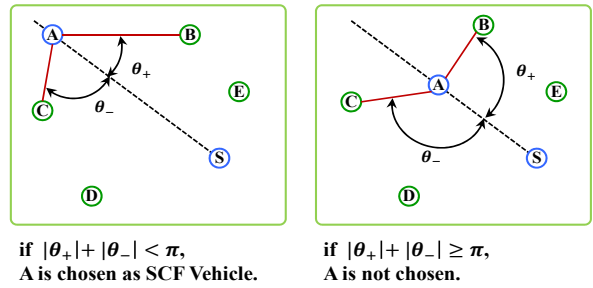


그림 1. SCF 차량 선택 알고리즘
Fig. 1. Algorithm for selection of SCF vehicle

$|\theta_+| + |\theta_-|$ 값이 π 보다 작으면 차량 A는 SCF차량이 되어서 메시지를 싣고 이동하다가 새로운 이웃을 만났을 때 전달하여 단절네트워크를 해결한다.

전달 차량이 있는 경우(잘 연결된 네트워크)라면 차량 A는 차량 S와의 거리를 기반으로 대기시간을 계산하고 타이머가 동작하며 타이머가 만료되면 메시지를 전파한다. 거리가 멀수록 짧은 대기시간을 가지며, 타이머 동작 중 메시지를 받으면 타이머를 취소함으로써 불필요한 전파를 방지한다. 수신 차량이 교차로 상에 존재할 때 더 짧은 대기시간을 갖도록 하여 도심환경에서 교차로의 이점을 이용할 수 있도록 하고 있다.

III. 제안된 기법

본 논문에서는 차량들이 단 채널을 통해 같은 통신 범위의 무선장치를 장착하였으며, GPS 장비를 사용하여 각 차량은 자신의 위치를 알 수 있다.

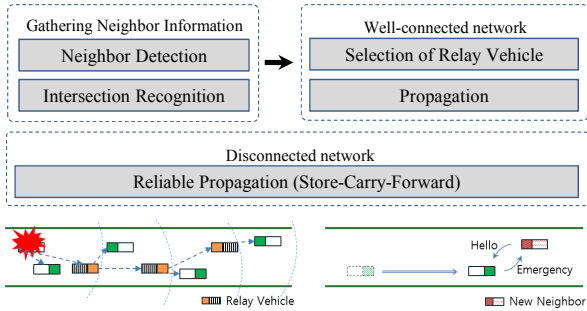
네트워크 내 전 차량은 통신 범위 내 이웃에게 주기적으로 헬로 메시지를 전파한다. 헬로 메시지는 차량 ID, 위치(좌표), 교차로 상에 존재 여부 정보를 포함한다. 헬로 메시지 안에는 자신이 받은 긴급 메시지 ID 들도 명시되어 있다. 주기적으로 헬로 메시지에 포함된 정보들을 주고받음으로써 각 차량은 통신 범위 내 이웃차량의 위치를 알 수 있다.

3.1. 기본개념

차량이 사고가 났을 때, 사고차량은 브로드캐스트 기법을 사용하여 긴급메시지를 다른 차량에 전송하려 할 것이다. 메시지를 받은 차량은 다시 자신의 이웃에게 그 메시지를 전송하는 것을 반복한다. 하지만 모든 차량이 메시지 전송을 한다면 매우 비효율적이고, 브로드캐스트 스톱⁵⁾ 문제를 유발할 수 있다.

본 논문에서는 그림2(a)처럼 잘 연결된 네트워크에

서 전송 차량이 가장 멀리 있는 차량을 다음 릴레이 차량으로 선택하여 우선권을 가질 수 있도록 한다. 우선권을 가진 차량(릴레이 차량)은 즉시 자신의 주위 차량에 메시지를 전파한다. 그림 2(b)와 같이 단절된 네트워크에서 더는 전달할 이웃차량이 없는 상황에서는 긴급 메시지를 저장하고 이동하다가 다른 새로운 차량이 나타나면 메시지를 전송한다. 이러한 기법을 SCF(Store-Carry-Forward)라 한다.



(a) 잘 연결된 네트워크에서 전송 (b) 단절 네트워크에서 전송

그림 2. 제안된 기법에서 긴급메시지 전송의 기본개념
Fig. 2. Basic concept of propagating emergency messages in our scheme

3.2. 릴레이 차량

본 논문에서 현재 릴레이 차량(RV_i)이 전송 범위 내에 가장 멀리 있는 차량을 긴급 메시지를 전파하기 전에 미리 다음 릴레이 차량으로 선택한다.

다음 릴레이 차량은 현재 릴레이 차량(RV_i)의 위치에 따라 하나일 수도 있고 그 이상일 수도 있다. 예를 들어 그림 3(a)처럼 교차로에서 이전 릴레이 차량(RV_{i-1})으로부터 메시지를 받는다면 현재 릴레이

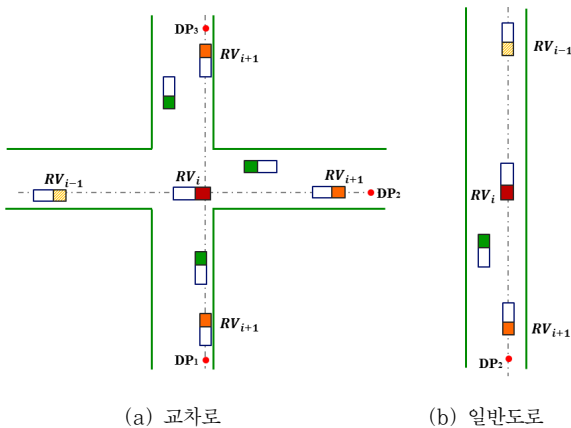


그림 3. 릴레이 차량선택
Fig. 3. Selection of Relay vehicles

차량(RV_i)은 3개의 방향 점(DP_1, DP_2, DP_3)을 향해 가장 멀리 있는 차량들을 다음 릴레이 차량(RV_{i+1})으로 선택한다.

그림 3(b)와 같이 일반 도로라면 교차로와 달리 반대 방향(DP_2)에 대하여 가장 멀리 있는 차량 한 대만을 다음 릴레이 차량으로 선택한다. 다음 릴레이 차량을 선택하려면 우선 각 방향 점의 위치 좌표(x, y)를 알아야 하는데 수식 (1)을 이용하여 구할 수 있다.

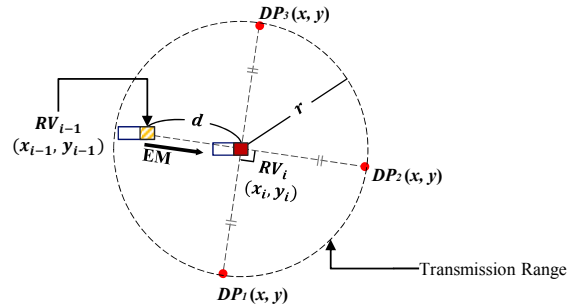


그림 4. 방향 점의 정의
Fig. 4. Definition of the directional points

$$\begin{aligned} x &= \frac{r+d}{d}(x_{i-1}-x_i)\cos\theta - \frac{r+d}{d}(y_{i-1}-y_i)\sin\theta \\ y &= \frac{r+d}{d}(x_{i-1}-x_i)\sin\theta + \frac{r+d}{d}(y_{i-1}-y_i)\cos\theta \end{aligned} \quad (1)$$

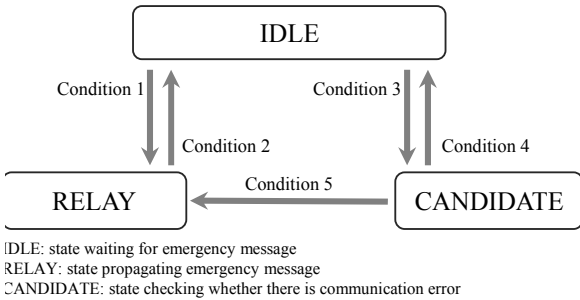
r 은 전송반경, d 는 이전 릴레이 차량(RV_{i-1})과 현재 릴레이 차량 간의 거리이며 θ 는 각 방향 점에 대한 각도 $90(DP_1), 180(DP_2), 270(DP_3)$ 도이다. 이렇게 구해진 각 방향 점에서 가장 가까운 차량들을 각 다음 릴레이 차량으로 선정한다.

$$RV_{i+1} = neighbor | \min \{ distance(\forall neighbor, DP_{\{1,2or3\}}) \} \quad (2)$$

3.3. 긴급메시지의 신뢰성 있는 전송

현재 릴레이 차량은 선택한 다음 릴레이 차량의 ID를 메시지 패킷에 포함한 후 긴급메시지를 브로드캐스트 한다. 메시지를 받은 이웃 차량들은 자신이 릴레이 차량인지 아닌지 확인한 후 자신이 선택된 릴레이 차량이라면 즉시 다음 릴레이 차량을 선택하고 메시지를 재 브로드캐스팅 한다. 이 과정은 더는 전달할 차량이 없을 때까지 반복된다.

릴레이 차량으로 선택되지 않은 나머지 차량들은 타이머(CANDI_TIMER)가 동작하며, 이 타이머는 릴레이 차량의 긴급메시지를 듣게 된다면 취소가 된다.



Condition 1	When receiving message and being designated as RV
Condition 2	When selecting the next RV and propagating message
Condition 3	When receiving message but being not designated as RV
Condition 4	When receiving message
Condition 5	When the CANDI_TIMER is expired

그림 5. 전파 과정 중인 차량의 상태천이도
 Fig. 5. State transition diagram of a vehicle

이들이 타이머를 가지는 이유는 릴레이 차량의 통신 에러를 대비하기 위한 후보 릴레이 차량으로서 동작 하기 위함이다. 이들이 만약 메시지를 듣지 못했다면 (선택된 릴레이 차량이 통신 에러가 발생했다면) 타이머가 만료되었을 때 새로운 릴레이 차량으로서 동작 하게 된다. 대기시간 계산방법은 다음과 같다.

$$Expiration\ time = RANK * SLOT_TIME \quad (3)$$

RANK는 순서번호이며, SLOT_TIME은 미리 정의된 상수 값이다. 릴레이 차량으로 선택되지 않은 나머지 차량들은 선택된 차량과의 거리를 기반으로 순서 번호를 가진다. 가장 가까운 차량은 1, 그리고 차례대로 2, 3, 4, ... 순의 번호를 가지고 이 순서번호를 기반으로 하여 대기 시간을 가진다. 그림 5는 연속적인 브로드캐스트를 통한 전파과정에서 차량의 상태천이도를 나타낸 것이다.

위에서 언급한 교차로 릴레이 차량의 경우, 약간의 대기시간(e. g. SLOT_TIME의 1/2)을 가진 후 타이머가 만료되면 다음 릴레이 차량을 선택하고 전파를 한다. 교차로 릴레이 차량은 타이머 작동 중 다른 메시지를 받더라도 타이머를 취소하지 않는다. 결과적으로 연속적으로 전달되는 메시지 릴레이의 진행 방향과 별개로 교차로에서는 다른 방향으로 전파가 이루어진다. 이렇듯 별도의 교차로 릴레이 차량을 두는 이유는 앞서 언급하였듯이 도심환경에서 교차로지점은 여러 방향으로 전파하기 좋은 조건이기 때문이다.

3.4. 단절 네트워크에서 SCF 기법

차량이 더 이상 전달할 이웃 차량이 없는 경우라면 차량은 새로운 차량이 나타날 때까지 메시지를 저장

한 상태로 이동한다. 새로운 차량의 헬로 메시지를 받은 차량들은 타이머(SCF_TIMER)를 동작한다. 이 타이머는 헬로 메시지를 받은 차량들 중 하나의 차량만이 전파할 수 있도록 하여 불필요한 참여를 억제하고자 함이다.

긴급 메시지를 가지고 있는 차량이 새로운 차량의 헬로 메시지를 받으면, 그 헬로 메시지 안에 포함된 새로운 차량이 가지고 있는 긴급메시지 정보를 자신의 메시지 테이블과 비교한 후, 누락되거나 받지 못한 긴급 메시지가 있다면 타이머를 동작하여 전파 경쟁에 참여한다. 이때 타이머의 대기시간은 앞서 설명한 후보 릴레이 차량들의 경쟁과 비슷하게 새로운 차량과의 거리를 기준으로 대기시간을 갖게 된다. 결과적으로 새로운 차량과 가장 가까이 있는 차량이 SCF(Store-Carry-Forward)차량이 되어 긴급 메시지를 전달해 줄 것이다. 아래 그림 6은 SCF를 할 때 차량의 상태천이도를 나타낸다.

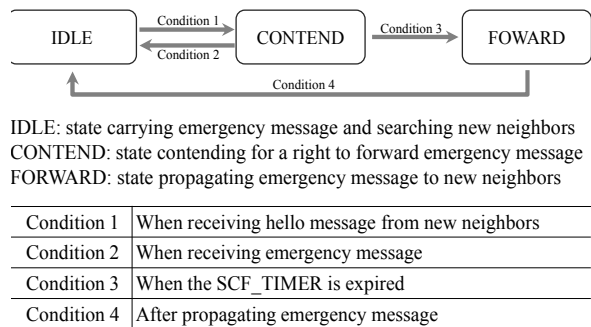


그림 6. SCF기법을 수행하는 차량에 대한 상태 천이도
 Fig. 6. State transition diagram for SCF vehicle

3.5. 교차로 인식 알고리즘

교차로에서 차량들은 여러 가지 방향으로 이동하는 이웃들을 가진다. 본 논문에서는 RSU(Road Side Unit)없이 이웃의 위치정보만을 이용하여 스스로 교차로 상의 존재 여부를 판단할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

그림 7과 같이 차량은 방향이 다른 이웃과의 교차점(Orthogonal Point)을 구하고, 교차점과의 거리

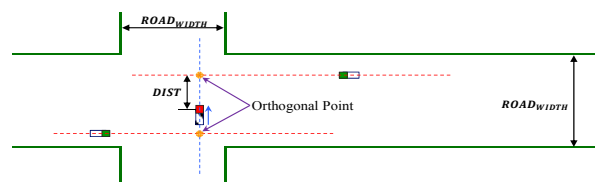


그림 7. 교차로 인식
 Fig. 7. Intersection Recognition

를 이용하여 교차로상의 존재 여부를 판단할 수 있다.

$$\text{Located at intersection if } DIST < \frac{ROAD_WIDTH}{\alpha} \quad (4)$$

IV. 실험

시뮬레이션은 802.11p에 기반을 두었고, 2,000m * 2,000m의 뉴욕 맨해튼 모델^[6]의 지도를 사용했으며, 200m * 200m의 블록과 10m의 도로 폭으로 설정하였다. 각 도로는 4차선이며 두 개의 이동 방향을 가진다. 모든 차량은 같은 거리의 무선 전송 범위를 가지는 무선 송수신 장치를 장착하였으며, 500ms마다 헬로 메시지를 전파한다. 또한, 각 차량들은 45km/s 혹은 60km/s의 속도를 가지고 진행 방향으로 이동하며, 교차로에서는 일정 확률로 좌회전 혹은 우회전을 하도록 하여 실제 환경과 비슷하도록 구성하였다. 전송 범위는 150m로 설정하였고, 전달 범위는 지도 전체로 설정하였다.

제안된 브로드캐스트 기법은 본 논문에서 제안한 교차로 인식 알고리즘(IRA) 및 RSU를 통한 교차로 인식을 따로 평가하였으며, UV-CAST와 Simple Flooding을 비교 평가하였다. Simple Flooding은 SCF 및 불필요한 재전송 억제 메커니즘이 없는 단순 반복 브로드캐스팅을 의미한다.

각 평가는 교통량의 많거나 적은 환경에 따라 따로 평가되었다. 교통량이 많은 것(High Density)은 거의 끊임없이 연속적으로 전파가 가능한 환경을 의미하며, 지도에 1,000대의 차량을 배치하였다. 반대로 낮은 교통량(Low Density)은, 차량이 이웃을 거의 가지지 못하는 환경이며, 300대의 차량이 배치되었다. 각 평가는 500회씩 반복 평가하여 평균치를 이용하여 다음의 결과를 나타내었다.

그림 8은 높은 교통량에서는 물론 낮은 교통량에서도 기존 기법보다 상당히 빠른 전파 속도를 보여 주고 있다.

UV-CAST의 경우 교차로가 아닌 도로에서 릴레이 노드를 결정하는데 많은 시간을 소모하고, 제한된 SCF 차량으로 인해 전체 전파시간이 다소 많은 시간이 소비된다. 또한, Simple Flooding의 경우 SCF 메커니즘을 제공하지 않아 교통량이 적을 때 모든 차량에게 전달하는 데 있어 애로사항이 발생한다. 하지만 제안된 기법은 위치와 관계없이 대기시간이 필요치 않고, 모든 차량이 SCF 차량으로 작동할 수 있기 때문

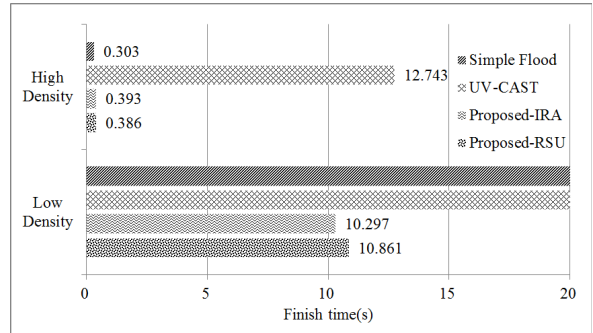
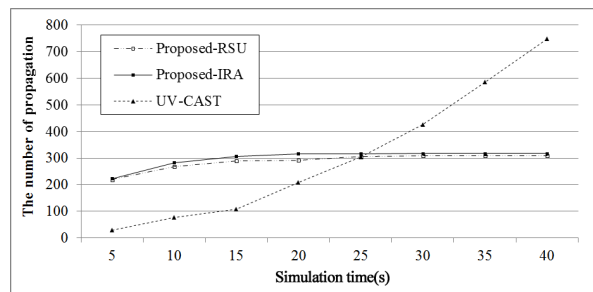
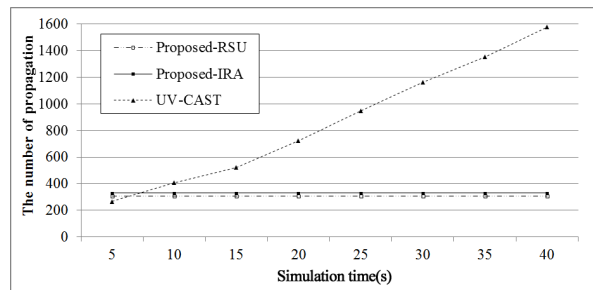


그림 8. 모든 차량에게 긴급 메시지가 전파될 때까지 소비 시간

Fig. 8. The time until emergency message is delivered to all vehicles



(a) 적은 교통량



(b) 많은 교통량

그림 9. 실험시간 동안 브로드캐스팅 동작 횟수

Fig 9. The number of propagations

에 기존 기법보다 빠른 전파 속도를 보여 주고 있다. 또한, 이 차트들은 제안된 교차로 인식 알고리즘과 RSU를 비교하여 큰 차이가 없음을 보여 주고 있다.

그림 9는 브로드캐스트 스톱 문제의 발생확률과 비례하는 브로드캐스트 횟수를 나타낸다. 이 그래프에서 Simple Flooding은 너무 많은 값(30,000회 이상)을 나타내어 그래프에 포함하지 못했다. 이 그래프에서 기존 기법은 새로운 노드를 만날 때마다 브로드캐스트를 하므로 계속된 브로드캐스트를 하는 것을 보여 주고 있다, 반면 제안된 기법은 사고 초기에는 빠른 전파속도로 인해 브로드캐스트 횟수가 많지만, 전파

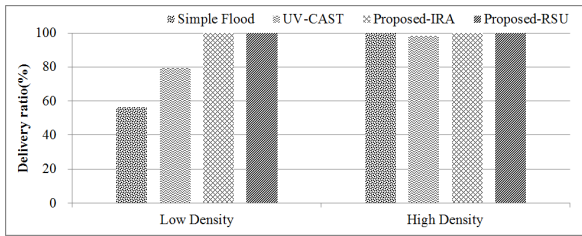


그림 10. 긴급 메시지 평균 전달 율
Fig. 10. The average delivery ratio

완료 이후에는 더 이상 증가하지 않음을 보여주고 있다.

그림 10은 제안된 SCF기법이 모든 차량이 SCF에 참여하고 있기 때문에 제한된 SCF차량을 가지는 기존 기법에 비하여 높은 전달 율을 보여주고 있다. 그래서 제안된 기법은 교통량과 관계없이 높은 신뢰도를 보장하고 있다

V. 결 론

본 논문에서는 도심환경의 차량 네트워크에서 긴급 메시지를 빠르게 전송하면서 신뢰성을 확보하는 브로드캐스트 기법을 제안한다. 제안된 기법은 전송 차량이 방향 점을 참고하여 가장 멀리 있는 차량들을 다음 릴레이 차량으로 미리 선택하여 릴레이 차량만 전송함으로써 필요치 않은 재전송을 억제한다. 연결이 원활하지 않은 네트워크에서는 차량에 메시지를 저장하고 있다가 전달하는 새로운 차량을 만났을 때 전송한다. 헬로 메시지에 포함된 긴급 메시지 정보와 타이머를 사용하는 경쟁 메커니즘을 통해서 불필요한 전송을 억제한다. 추가로 기반시설의 도움 없이 교차로를 인식할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

시뮬레이션 결과는 기존 기법보다 전파시간을 단축하고, 불필요한 전송을 억제하며, 전달 율을 높였음을 보여준다.

본 논문에서는 전달 범위를 따로 다루지는 않았지만, 실제 환경에서는 사고 지점으로부터 특정 범위 내에만 긴급 메시지를 전달하도록 하여, 효과적인 네트워크 환경을 유지할 수 있을 것이라 예상하며 추후 과제로 남긴다.

References

[1] K. C. Lee, U. Lee, and M. Gerla, "Survey of routing protocols in vehicular Ad Hoc

networks," *Advances in Vehicular Ad-Hoc Networks*, pp. 149-170, May 2010.

[2] W. Viriyasitavat, O. K. Tonguz, and F. Bai, "UV-CAST: an urban vehicular broadcast protocol," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 11, pp. 116-124, Nov. 2011.

[3] J. Zhao and G. Cao, "VADD: vehicle-assisted data delivery in vehicular Ad Hoc networks," in *Proc. 25th IEEE Int. Conf. Comput. Commun. (INFOCOMM 2006)*, pp. 1-12, Barcelona, Spain, Apr. 2006.

[4] J.-F. Lee, C.-S. Wang, and M.-C. Chuang, "Fast and reliable emergency message dissemination mechanism in vehicular Ad Hoc networks," in *Proc. IEEE Wireless Commun. Networking Conf. (WCNC)*, pp. 1-6, Sydney, Australia, Apr. 2010.

[5] N. Wisitpongphan, O. K. Tonguz, J. S. Parikh, P. Mudalige, F. Bai, and V. Sadekar, "Broadcast storm mitigation techniques in vehicular Ad Hoc networks," *IEEE Wireless Commun.*, vol. 14, no. 6, pp. 84-94, Dec. 2007.

[6] F. J. Martinez, J.-C. Cano, C. T. Calafate, and P. Manzoni, "CityMob: a mobility model pattern generator for VANETs," in *Proc. IEEE Int. Conf. Commun. Workshop (ICC)*, pp. 370-374, Beijing, China, May 2008.

[7] C-W Yi, Y-T Chuang, H-H Yeh, Y-C Tseng and P-C Liu, "Streetcast: An Urban Broadcast Protocol for Vehicular Ad-Hoc Networks," *Vehicular Technology Conference (VTC 2010-Spring), 2010 IEEE 71st*, pp. 1-5, Taipei, Taiwan, May. 2010.

[8] K. C. Lee, K. C. Cho, J. Li, and K. J. Han, "An efficient broadcast scheme for disseminating emergency messages in urban vehicular Ad-Hoc networks," in *Proc. 2013 Korea Inform. Commun. Soc. (KICS) Winter Conf.*, pp. 396-399, Yongpyeong, Korea, Jan. 2013.

이 규 창 (Kyu-chang Lee)



2009년 2월 영남이공대학 컴퓨터정보계열 졸업
2010년 2월 평생교육원 학점은행제 컴퓨터공학과 졸업
2013년 3월 경북대학교 모바일통신공학과 석사 졸업
<관심분야> Wireless Network, Vehicular Ad-hoc networks, Zigbee

백 영 미 (Young-mi Beak)



2000년 계명대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업
2002년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업
2006~현재 경북대학교 컴퓨터공학부 박사수료
<관심분야> 무선센서네트워크와 인지무선네트워크에서 매체액세스제어 기술

한 기 준 (Ki-jun Han)



1979년 서울대학교 전기공학과 학사 졸업
1981년 KAIST 전기 및 전자공학과 석사 졸업
1981~1984년 국방과학연구소 연구원
1985년 University of Arizona, Dept. of ECE (M.S.)

1987년 University of Arizona, Dept. of ECE (Ph.D.)
1988~현재 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 교수
<관심분야> Ad-hoc Networks, WPAN, Home Network, Ubiquitous Sensor Network

김 준 형 (Jun-hyung Kim)



2005년 2월 경일대학교 컴퓨터공학과 졸업
2010년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사 졸업
2010~현재 경북대학교 IT대학 컴퓨터학부 박사과정
<관심분야> 무선센서네트워크, 무선메쉬네트워크, 인지무선(Cognitive Radio)

조 규 철 (Keu-chul Cho)



1998년 경북대학교 임학과 학사 졸업
2001~2002년 디자인닉스 연구원
2003년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업
2004년 퍼스널텔레콤(주) 연구원

원
2005~현재 경북대학교 컴퓨터공학과 박사수료
<관심분야> 컴퓨터 네트워크, 데이터 통신, 유비쿼터스 네트워크