

차량 애드혹 네트워크의 빈번한 토폴로지 변경에 적합한 기회적 브로드캐스트 프로토콜

차 시 호*·류 민 우**

Opportunistic Broadcast Protocol for Frequent Topology Changes in Vehicular Ad-hoc Networks

Cha, Si-Ho-Ryu, Minwoo

〈Abstract〉

The message propagation between vehicles must be efficiently performed to quickly transmit information between vehicles in vehicle ad hoc networks (VANETs). Broadcasting can be the most effective solution for propagating these messages. However, broadcasting can cause broadcast storm problems, which can reduce the performance of the overall network. Therefore, rapid information delivery in VANET requires a method that can propagate messages quickly without causing the broadcast storm problems. This paper proposes a lightweight and opportunistic broadcast (LOB) protocol that leverages the features of opportunistic routing to propagate messages quickly while minimizing the load on the network in VANETs where the network topology changes frequently. LOB does not require any routing information like greedy forwarding scheme, and neighboring nodes at the farthest distance within the range of transmission nodes are likely to be selected as forwarding nodes, and multiple forwarding candidate nodes like opportunistic routing scheme can increase packet transmission rates. Simulation results using ns-2 showed that LOB outperformed existing broadcast protocols in terms of packet rate and packet delay.

Key Words : Opportunistic Broadcast, VANET, Vehicular Ad-hoc Networks, Message Dissemination, ITS, Intelligent Transport System

I. 서론

도시가 디지털 사회로 전환되는 스마트 시티(smart

city)에서는 모든 구성원들의 안전하고 빠른 이동을 제공하기 위해서 지능형 교통 시스템(ITS, Intelligent Transport System)[1]이 필요하다. ITS는 스마트 시티의 교통 문제를 최소화함으로써 시민들의 이동 시간을 단축하고, 안전과 편안함을 향상시키는 것을 목표

* 청운대학교 멀티미디어학과 교수(제1저자)

** 현대자동차 자동차부분 연구개발본부 책임연구원(교신저자)

로 한다. 차량 애드혹 네트워크(VANET, Vehicular Ad-hoc Networks)는 ITS를 위한 최적의 기술로 평가 받고 있다[2]. VANET에서의 통신 연결은 차량과 차량 간(V2V, Vehicle-to-Vehicle) 및 차량과 인프라 간(V2I, Vehicle-to-Infrastructure)의 연결을 넘어 차량과 보행자 간(V2P, Vehicle-to-Pedestrian) 및 차량과 홈 간(V2H, Vehicle-to-Home) 등 다양한 기기종 연결을 구성할 수 있다. VANET은 이러한 통신을 위해 LTE, 5G와 같은 셀룰러 네트워크를 통합하여 광범위하고 신뢰할 수 있는 통신을 제공한다[3, 4].

최근 차량의 수가 엄청나게 증가하면서 도심 교통 사고가 빈번히 발생하고 있다. VANET에서 교통사고나 도로상의 위험물에 대한 정보를 주변 차량들에게 빠르게 전달하기 위해서는 견고하고 신속한 데이터 전송 기술이 필요하다. 브로드캐스팅은 VANET에서 전송 차량이 인접 차량들에게 메시지를 전파하기 위한 가장 적합한 통신 메커니즘 여겨지고 있다[5, 6]. 차량들이 고속으로 이동하는 도로에서 교통사고의 발생으로 인해 생성된 긴급 메시지가 메시지 충돌이나 전송 에러로 인해 인접 차량들에 전파되지 못한 경우, 해당 차량들은 이차 사고의 위험에 처하게 된다. 따라서 안정적이며 신속한 메시지 전파를 위한 효율적인 브로드캐스팅 기법이 필요하다. 그러나 VANET의 노드들은 고속의 차량들로 이동성이 높아 네트워크 토폴로지가 빈번히 변하게 된다. 따라서 VANET은 라우팅 테이블을 사전에 유지하는 데는 많은 비용이 들며, 해당 라우팅 경로 상에 노드가 존재하지 않을 확률 또한 높아진다. 따라서 본 논문은 주변 노드들에 대한 정보를 별도로 수집하지 않고, 기회적(opportunistic)으로 데이터를 전파함으로써 네트워크의 부하를 최소화하는 기회적 브로드캐스트(opportunistic broadcast) 프로토콜을 제안한다. 기회적 라우팅 기법은 전송 노드에서 데이터 전송 전에 릴레이 노드를 미리 선정하는 대신에 수신 노드에서 자체적으로 수신 받은 데이터의 전송을 자체적으로

결정하는 기법이다. 따라서 경로 탐색이나 토폴로지 관리 등과 같은 복잡성을 줄일 수 있다.

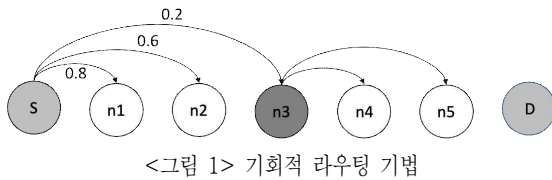
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기회적 라우팅 프로토콜과 VANET에서 메시지 전파를 위한 기존의 연구들에 대해 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 기회적 브로드캐스트 프로토콜에 대하여 기술하고, 4장에서는 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 기회적 브로드캐스트 프로토콜의 타당성을 검증한다. 5장에서는 결론 및 향후 과제에 대하여 기술한다.

II. 관련 연구

VANET에서의 주요 라우팅 프로토콜은 토폴로지 기반 라우팅과 위치기반 라우팅으로 나눌 수 있다. 토폴로지 기반 라우팅은 라우팅을 위해 목적지까지의 라우팅 정보를 유지하고, 위치기반 라우팅은 라우팅 정보를 유지하지 않고 이웃 노드들에 대한 위치 정보를 활용하여 라우팅을 수행한다. VANET은 빈번한 네트워크 토폴로지 변경으로 인해 라우팅 정보를 유지하는 토폴로지 기반 라우팅은 적합하지 않다. 기회적 라우팅은 위치기반 라우팅의 범주에 속하며, 수신 노드 기반의 전송 기법으로 차량들의 고속 이동으로 인해 발생하는 VANET의 빈번한 토폴로지 변경 상황에 적합한 라우팅 기법이다. 기회적 라우팅에서 데이터를 수신한 노드들은 일반적으로 목적지까지의 거리가 짧을수록 짧은 타이머를 갖는다[7]. 따라서 각 수신 노드들마다 서로 다른 타이머를 가지며, 타이머가 만료된 노드는 전송 노드로부터 받은 데이터를 다시 이웃 노드들로 전송한다. 만일 자신의 타이머가 만료되기 이전에 받은 데이터와 동일한 데이터를 전달받게 되면 해당 데이터는 과기하고 전송에 참여하지 않는다.

<그림 1>은 기회적 라우팅의 예를 보인 것이다. 전

송 노드 S는 자신의 전송 범위 내에 이웃 노드로 n1, n2, n3을 가지며, 이들로의 전송 성공률은 각각 0.8, 0.6, 0.2인 경우이다. 이 경우에 S로부터 단일 홉으로 하나 이상의 이웃 노드가 데이터를 수신할 확률은 $0.94(1-(1-0.8)(1-0.6)(1-0.2)=0.94)$ 가 된다. 이때 노드 n3이 목적지에서 가장 가깝기 때문에 제일 먼저 타이머가 종료되고, 따라서 노드 n3이 이웃 노드들로 데이터를 재전송하고, 나머지 노드 n1과 n2는 자신의 타이머 종료 이전에 n3의 데이터 전송을 수신하게 되었으므로 자신의 타이머를 종료하고, 이전에 수신한 데이터도 폐기한다. 노드 n3로부터 데이터를 전달받은 이웃 노드들인 n4와 n5는 다시 앞의 과정을 반복하면서 목적지 노드까지 데이터를 전달하게 된다.



이러한 기회적 라우팅 기법을 빠른 이동 속도를 갖는 노드들에 의한 무선 링크의 신뢰성이 낮은 VANET과 같은 환경에 적용하기 위한 연구들이 있었다. Biaswas와 Morries는 무선 네트워크를 위한 기회적 라우팅 프로토콜인 ExOR[8]을 제안하였다. ExOR은 멀티 홉 라우팅 프로토콜로서 데이터 패킷을 수신한 수신 노드들은 <그림 1>에서 보인 것과 같은 기회적 포워딩을 수행함으로써 기존의 포워딩 기법들보다 우수한 성능을 성취할 수 있음을 보였다. Li 등은 신뢰할 수 없는 링크를 가진 VANET에서 경고 메시지를 브로드캐스트하기 위한 기회적 브로드캐스트 프로토콜인 OppCast[9]를 제안하였다. OppCast 프로토콜은 전송 노드의 수를 최소화함으로써 높은 패킷 수신율 및 신속한 멀티 홉 메시지 전파를 성취하는 것을 목표로 하였다. 그들은 OppCast 프로토콜이 매

우 적은 수의 전송 노드를 통해서 다양한 차량 밀도 환경에서 거의 100%에 가까운 패킷 수신율을 얻을 수 있음을 보였다. 그러나 OppCast는 패킷 수신율이 높을수록 메시지 전파 속도가 느려지는 문제점을 갖는다. Byeon 등은 멀티 홉 무선 네트워크의 신뢰성과 효율성을 높이기 위해 기여도 레벨 기반의 기회적 플러딩 프로토콜인 CLOF[10]를 제안하였다. 여기에서 기여도 레벨이란 중계 노드의 전염성으로서 이웃 노드들의 수가 많을수록 더 높은 우선순위를 갖게 한다. 따라서 기여도 레벨이 높은 노드가 중계 노드의 역할을 수행하게 된다. 그러나 CLOF는 노드의 밀도가 현저히 낮은 환경에서 그리고 기여도 레벨에 의해 목적지 노드에 더 가까운 노드가 존재하더라도 더 많은 이웃 노드를 갖는 노드가 중계 노드로 선정됨으로써 전송 성능이 떨어지는 문제점이 발생한다. Korkmaz 등은 VANET에서 멀티 홉 브로드캐스팅 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.11 기반의 UMB[11] 프로토콜을 제안하였다. UMB 프로토콜은 도시 환경을 위한 브로드캐스트 프로토콜로 브로드캐스트 폭풍과 히든 노드(hidden node) 문제를 해결하기 위해 방향성 있는 브로드캐스트와 교차로 브로드캐스트라는 두 가지 브로드캐스팅 방법을 제안하였다. 방향성 브로드캐스트에서는 히든 노드를 회피하기 위해 RTB(Request to Broadcast)와 CTB(Clear to Broadcast)를 사용하고, 교차로 브로드캐스트에서는 전달 후보 노드들 중에서 교차로에 위치한 노드를 중계 노드로 선정하는 방법을 사용한다. 그러나 UMB는 노드들의 이동성을 고려하지 않아 네트워크 토폴로지가 빈번히 변경되는 VANET 환경에서는 좋은 성능을 발휘하지 못한다.

이러한 기존의 브로드캐스트 프로토콜들은 VANET에서 높은 전송 성공률을 제공할 수는 있지만 중계 노드의 수를 최소로 만들지 못해 브로드캐스트 폭풍 문제를 발생시킬 수 있다. 따라서 이러한 브로드캐스트 폭풍의 문제를 해결함과 동시에 VANET의

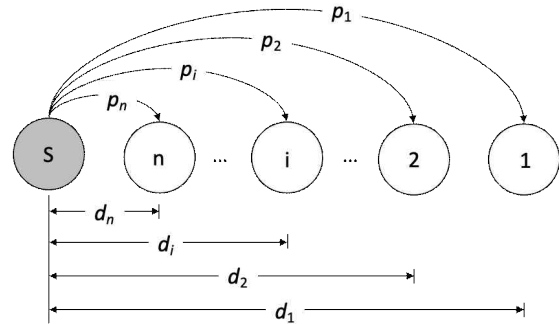
고유한 특성인 토폴로지의 빈번한 변경으로 인한 네트워크 단절 문제를 해결할 수 있는 새로운 브로드캐스트 프로토콜이 요구된다.

III. 최소 중계 노드를 갖는 기회적 브로드캐스트 프로토콜

본 논문은 VANET의 빈번한 토폴로지 변경에 영향을 받지 않는 가볍고 기회적인 브로드캐스트 프로토콜인 LOB(Lightweight and Opportunistic Broadcast)을 제안한다. LOB는 브로드캐스트 메시지의 신속한 전송이 가능하도록 하기 위해 전달 후보 노드들 간의 전송 충돌이 발생하지 않도록 서로 다른 대기 시간을 갖도록 한다. 최소의 중계 노드를 갖는 것은 불필요한 중복 전달을 줄일 수 있음을 의미하며, 네트워크의 노드 밀도와 상관없이 낮은 통신 부하(overload)를 유지할 수 있음을 의미한다. 따라서 LOB는 브로드캐스트 메시지의 전송 지연을 줄임과 동시에 높은 패킷 전송율을 제공할 수 있다.

LOB은 일반적인 탐욕 전송(greedy forwarding) 기법과 같이 전송 노드의 전송 범위 내의 가장 먼 거리에 있는 이웃 노드가 중계 노드로 선정될 확률이 높으며, 패킷 전송율을 높이기 위해 다중의 전달 후보 노드들이 기회적으로 데이터를 전송할 수 있는 구조를 갖는다. <그림 2>는 LOB에서 기회적 데이터 전달 과정을 보인 것이다.

<그림 2>에서 S는 전송 노드이고, S의 전송 범위 내에는 n개의 이웃 노드들이 있다. 노드 1은 S로부터 가장 멀리 떨어져 있으므로 가장 높은 우선 순위를 갖는 전달 후보 노드가 된다. 이때 S로부터 노드 1까지의 거리는 d_1 이고, 전송 성공률은 p_1 이라고 가정한다. 또한, 모든 노드의 전송 범위는 동일하다고 가정한다. 각 노드는 자신과 S의 거리 차(d_n, \dots, d)를 기반으로 각자 자신의 대기 시간(waiting time)을 스스로



<그림 2> LOB의 기회적 데이터 전달

설정한다. 각 노드는 이미 S의 전송 범위와 거리를 알고 있으므로 수식 (1)과 같이 전송 노드로부터의 거리에 반비례하는 대기 시간(WT)을 갖게 된다. 즉 S로부터 가장 멀리 떨어져 있는 노드 1이 가장 짧은 대기 시간을 갖게 된다.

$$WT = \alpha + \beta \left(1 - \frac{dist}{r} \right) \quad (1)$$

여기에서 $dist$ 는 전송 노드와 수신 노드간의 거리 (meter)이며, r 은 전송 노드의 최대 전송 범위(meter)를 의미한다. 또한 α 와 β 는 네트워크의 상태에 따라 결정되는 파라미터들이다. 예로, $\alpha = 5$, $\beta = 10$ 의 값을 가지면 WT는 5초에서 15초 범위에서 설정된다. 따라서 S의 최대 전송 범위가 500이고, 노드 1의 d_1 이 480인 경우에 만일 $\alpha = 0$, $\beta = 10$ 이라면 WT는 0.4초가 된다. 따라서 노드 1은 0.4초 후에 데이터를 브로드캐스트하게 된다. 나머지 인접 노드들은 노드 1로부터 수신한 데이터가 S로부터 이전에 받은 데이터와 동일한 것이라면, 이는 자신보다 더 먼 거리에 위치한 다른 노드가 해당 데이터를 다시 브로드캐스트한 것이기 때문에 자신의 WT와 해당 데이터를 폐기하고, 데이터 전송에는 참여를 하지 않는다. 만일 노드 2가 자신의 WT초 이후에도 노드 1로부터 어떠한

데이터도 수신하지 못하면(노드 1이 S로부터 데이터를 전달 받지 못한 경우) 노드 2가 중계 노드가 되어 해당 데이터를 브로드캐스트하게 된다. 나머지 노드들도 각자 같은 루틴을 따라 동작하게 되면 다중의 전달 후보들이 존재하는 효과를 얻을 수 있으며, 메시지를 브로드캐스트하기 전에 미리 이웃 노드들에 대한 정보를 별도로 필요로 하지 않아 불필요한 네트워크 점유를 줄이고, 이웃 노드들에 대한 정보를 유지하는 부하를 없앨 수 있다.

<표 1>은 본 논문에서 제안한 LOB 프로토콜에 대한 알고리즘을 나타낸 것이다.

<표 1> LOB 알고리즘

Input:	<i>MSG</i> // message received
Output:	// Retransmission or not of <i>MSG</i>
1	Listening <i>MSG</i>
2	if n_i receives MSG_i
3	Calculates WT using Eqn. (1)
4	while $WT \neq 0$
5	if receives MSG_j
6	if $MSG_i = MSG_j$
7	Discard MSG_i
8	Go to line 1
9	else
10	Go to line 3
11	end if
12	end if
13	end while
14	Retransmit MSG_i
15	end if

VANET을 구성하는 노드들은 도로 위를 빠르게 이동하는 차량들이다. 따라서 노드들의 빠른 이동 속도로 인해 이웃 노드들에 대한 정보를 주기적으로 요구하거나 데이터를 전송하기 전에 미리 중계 노드를 결정하는 기존의 방법들은 실제 VANET에 적용하기

에는 어려운 것이 사실이다. 따라서 다양한 제약사항들에 대한 가정을 기반으로 다양한 프로토콜이 제안되었다. 그러나 본 논문에서 제안된 LOB는 이웃 노드들에 대한 정보를 얻기 위한 주기적인 데이터 교환이나 데이터 전송 전에 미리 중계 노드를 결정하는 대신에 수신 노드에서 해당 데이터의 재전송 여부를 결정하므로써 아무런 제약 없이 VANET의 브로드캐스트 프로토콜로 적용할 수 있다.

IV. 성능 평가

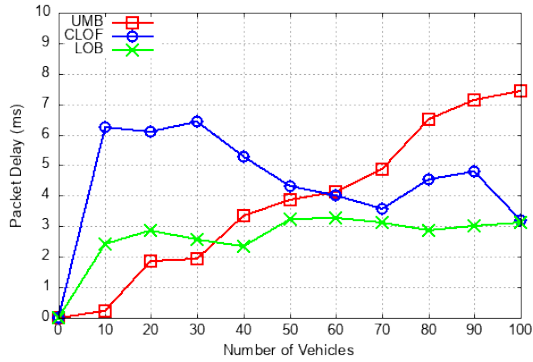
본 논문에서 제안한 LOB 프로토콜의 타당성을 입증하기 위해 ns-2 시뮬레이터를 사용하여 차량 밀도에 따른 패킷 전송율과 패킷 지연에 대해 기존의 UMB 및 CLOF 프로토콜과 비교하는 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 다양한 시나리오로 20회 실행하였으며, 한 번의 시뮬레이션은 300초 동안 실행하였고, 이들의 평균을 결과로 사용하였다. <표 2>는 본 시뮬레이션을 수행하기 위해 정의한 파라미터를 보인 것이다.

<표 2> 시뮬레이션 파라미터

파라미터	정의
무선 전송 범위	250m
MAC 프로토콜	IEEE 802.11
트래픽 타입	CBR
대역폭	2 Mbps
패킷 크기	512 bytes
비콘 주기 (LOB는 비콘을 사용하지 않음)	1 sec
차량 수	10 ~ 100 (10대씩 증가)

<그림 3>은 CLOF, UMB, LOB의 패킷 지연시간에 대한 시뮬레이션 결과를 보인 것이다. <그림 3>에서 보인 것과 같이 UMB는 차량 노드의 숫자가 증가할

수록 패킷 지연시간이 증가되는 것을 확인할 수 있다.

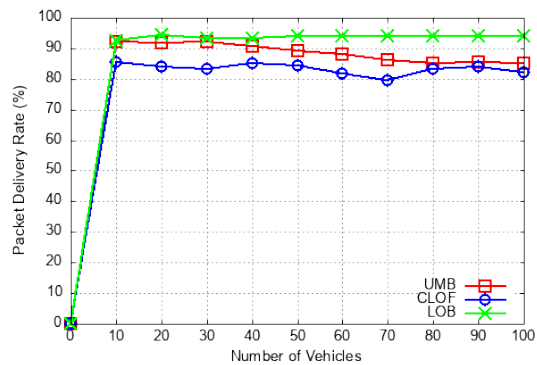


<그림 3> 패킷 지연 시간

이러한 이유는 UMB에서 데이터 전달 시 후보 노드 선정방식에 있어서 중계 노드의 수를 최소로 만들지 못하여 발생하는 브로드캐스트 폭풍 문제로 데이터 전송 시 데이터 충돌 발생으로 인한 패킷 지연 시간의 증가로 분석할 수 있다. CLOF의 경우에는 차량의 노드 수가 적을 때 높은 패킷 지연을 보이지만, 노드의 숫자가 60대 이상으로 증가되는 경우에는 패킷 지연 시간이 감소되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 기여도 레벨에 따라 이웃 노드들의 증가에 따른 높은 우선순위를 갖는 중계 노드의 역할이 늘어나는 것으로 분석될 수 있다. 반면 본 논문에서 제안한 LOB의 경우 차량 노드의 숫자가 증가하더라도 일정한 패킷 지연 시간을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 노드들의 숫자가 증가하더라도 전달 후보 노드들 간의 충돌이 발생하지 않도록 대기 시간을 갖기 때문에 네트워크의 노드 밀도와 상관없이 낮은 패킷 지연 시간을 갖기 때문이다.

<그림 4>는 CLOF, UMB, LOB의 패킷 전송율에 대한 시뮬레이션 결과를 보인 것이다. <그림 4>에서 보는 것과 같이 모든 프로토콜에서 노드의 숫자가 증가함에 따라 높은 패킷 전송율을 보이는 것을 확인할

수 있다. 그러나 CLOF의 경우 가장 낮은 패킷 전송율을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 CLOF의 경우, 노드들이 가지는 기여도 레벨에 따라 중계 노드의 전염성으로 이웃노드들의 수가 많으면 많을수록 높은 우선순위를 갖는 특성에 따른 이유로, 목적지 노드에 더 가까운 노드가 존재하더라도 다른 노드가 전달노드가 선정됨으로써 패킷 전송에 실패할 확률이 증가하기 때문이다. UMB의 경우, 본 논문에서 제안하는 LOB와 유사 성능을 보이지만, 차량 노드의 수가 40대를 넘어가면서 패킷 전송율이 조금씩 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 UMB의 경우, 노드의 숫자가 증가할수록 브로드캐스트 폭풍에 노출되어, 노드의 숫자가 증가되면 패킷 전송 시 충돌로 인한 패킷 실패가 높아지기 때문이다. 반면 LOB의 경우에는 노드의 숫자가 증가하더라도 일정한 비율의 패킷 전송율을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유는 중계 노드들간의 대기 시간 조정으로 노드의 숫자가 증가하더라도 중계 노드들간 데이터 전송 시 패킷 충돌 발생 위험이 현저히 낮아지기 때문이다. 또한, LOB에서의 다중의 전달 후보 노드들이 기회적으로 데이터를 전송하기 때문에 노드의 숫자가 증가하더라도 높은 패킷 전송율을 얻을 수 있다.



<그림 4> 패킷 전송율

V. 결론

본 논문은 기회적 라우팅 기법의 특징을 활용하여 네트워크 토폴로지가 빈번히 변경되는 VANET에서 네트워크의 부하를 최소화하면서 메시지를 빠르게 전파할 수 있는 가볍고, 기회적인 브로드캐스트 프로토콜인 LOB을 제안하였다. LOB은 탐욕적인 포워딩 기법과 같이 어떠한 라우팅 정보도 요구하지 않으며, 전송 노드의 범위 내의 가장 먼 거리에 있는 이웃 노드가 중계 노드로 선정될 가능성을 높인다. 또한, 기회적 라우팅의 기법과 같이 다중의 전달 후보 노드들이 기회적으로 데이터를 전송함으로써 패킷 지연 시간을 최소화하고, 패킷 전송율을 최대화할 수 있다. 시뮬레이션 결과 LOB은 패킷 전송율과 패킷 지연에 있어서 기존의 브로드캐스트 프로토콜들보다 더 우수한 성능을 나타내었다. 향후 과제로는 본 논문에서 제안한 LOB 프로토콜을 보다 고도화하는 연구가 수행되어야 하며, 본 논문에서 시뮬레이션한 패킷 지연 시간과 패킷 전송율 이외에 더 많은 성능 사항에 대한 성능평가가 수행되어야 한다.

참고문헌

- [1] M. Alam, J. Ferreira, J. Fonseca, "Introduction to intelligent transportation systems," Intelligent Transportation Systems, Springer, 2016.
- [2] C. Xu, W. Quan, H. Zhang, L. A. Grieco, "GRIMS: green information-centric multimedia streaming framework in vehicular ad hoc networks," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 28, no. 2, 2018, pp. 483-498.
- [3] F. R. Lone, H. K. Verma, K. P. Shama, "Evolution of VANETS to IoV: Applications and Challenges," Tehicki Glasnik, vol. 15, no. 1, 2021, pp. 143-149.
- [4] O. Oduka, Is the Automotive Industry Ready for the Internet of Vehicles?, Blog post, Intellias, Sep. 29, 2020.
- [5] S.-H. Cha, J.-E. Lee, M.-W. Ryu, "Directed broadcasting with mobility prediction for vehicular sensor networks," SAGE International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 12, no. 7, July 2016, pp. 1-9.
- [6] M. Ryu, S.-H. Cha, "Mobility Prediction Based Multi-Directional Broadcasting for Both Highway and Urban Vehicular Sensor Networks," IEEE Access, vol. 8, Aug. 2020, pp. 148595-148605.
- [7] 김상대·김경훈·김기일, "대규모 무선 센서 네트워크에서 중단 간 전송 성공률 향상을 위한 기회적 라우팅 기반 다중 경로 전송 방안," 대한임베디드 공학회논문지, 제14권, 제4호, 2019년, pp. 177-186.
- [8] S. Biswas, R. Morris, "ExOR: Opportunistic Multi-Hop Routing for Wireless Networks," ACM SIGCOMM, Vol. 35, No. 4, 2005, pp. 133-144.
- [9] M. Li, W. Lou, K. Zeng, "OppCast: Opportunistic Broadcast of Warning Messages in VANETs with Unreliable Links," The 6th IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS'09), Macau SAR, China, Oct. 12-15, 2009, pp. 534-543.
- [10] S. Byeon, S. Park, H.-Y. Seo, J.-D. Kim, "CLOF: Contribution-level-based opportunistic flooding for multihop wireless networks," SAGE International Journal of Distributed Sensor Networks, Vol. 14, No. 5, May 2018, pp.1-11.
- [11] G. Korkmaz, E. Ekici, F. Ozguner, U. Ozuner, "Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communication systems," ACM Workshop of Vehicular Ad Hoc Networks, Philadelphia, PA, USA, Oct. 2004, pp. 76-85.

■ 저자소개 ■



차 시 호
(Cha, Si-Ho)

2009년 3월~현재
청운대학교 멀티미디어학과 교수
2020년 3월~2021년 2월
Auckland University of
Technology 방문교수
2004년 2월 광운대학교 컴퓨터과학과
(공학박사)
1997년 7월~2000년 2월 대우통신 종합연구소
선임연구원
관심분야 : 네트워크 관리, 차량통신 네트워크,
시맨틱웹, 머신러닝
E-mail : shcha@chungwoon.ac.kr



류 민 우
(Ryu, Minwoo)

2021년 7월~현재
현대자동차 자동차부분
연구개발본부 책임연구원
2017년 1월~2021년 6월
KT AI연구소 선임연구원
2012년 2월 광운대학교 컴퓨터과학과
(공학박사)
2011년 2월~2016년 12월
전자부품연구원 선임연구원
관심분야 : 사물인터넷, 시맨틱스, 코그니티브
컴퓨팅, 지능 네트워크, 차량통신
E-mail : minu0921@gmail.com

논문접수일: 2022년 5월 24일
수정일: 2022년 6월 7일
게재확정일: 2022년 6월 12일