

도심환경에서의 안정적 경로 설정을 위한 VANET 라우팅 프로토콜

A Study of Stable Route Decision Based on VANET Routing Protocol in Urban Environment

함우형* 장상우** 이상선***
(Woo-Hyung Ham) (Sang-Woo Jang) (Sang-Sun Lee)

요약

차량 간 고정 인프라 없이 자체적으로 네트워크가 형성되는 차량 애드-혹 네트워크, VANET(Vehicular Ad-hoc Network)은 네트워크의 토폴로지가 빈번하게 발생하는 특징을 가지고 있다. 또한 도심환경에서는 건물 등과 같은 전파 방해 요인으로 인해 통신 단절 현상이 발생한다. 그러므로 VANET 환경에서는 이러한 취약점을 보완할 수 있는 라우팅 프로토콜이 필요하다. 본 논문에서는 차량의 위치정보를 통해 거리기반 브로드캐스트 방식을 이용하여 안정적인 경로 설정과 교차로에서의 전송 성능을 향상시킬 수 있는 알고리즘을 제안한다. 차량의 상대속도를 이용하여 경로 설정의 안정성을 도모하고 교차로에서의 우선순위 차등화를 통하여 패킷의 충돌을 최소화하는 동시에 전송률을 높인다. 도심지 환경을 재현한 시뮬레이션 결과 제안된 알고리즘이 기존의 알고리즘에 비해 전송률에서 우수한 성능향상을 보였다.

Abstract

In Vehicular Ad-hoc Network(VANET) which constructs networks without fixed infrastructure among vehicles, network topology is frequently changed due to high mobility. In case of urban model, communication disconnections caused by interruptions of communication propagation such as buildings and constructions could be often occurred. Therefore, in VANET environment a routing protocol to complement its characteristics is needed. This paper suggests an algorithm to improve the transmission performance at intersections by approaching of the distance-based broadcasting which utilizes the information of vehicle's position. By using relative velocity among vehicles, it makes the stability of route decision improved and reduces packet collisions through graded priorities in the intersection, and simultaneously improves the performance of data rate. It can be seen that the performance compared with previous algorithm is significantly improved when using the suggested algorithm in the urban traffic environment.

Key words : VANET, ad-hoc network, position-based routing, greedy forwarding, urban traffic environment

† 본 연구는 국토해양부 건설교통R&D정책인프라사업 (과제번호 : 11TRPI-C057493-01 “차세대 무선통신신호제어시스템 기술사업화”)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

† “이 논문은 2011년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었습니다.”

* 주저자 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 석사

** 공저자 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 박사과정

*** 교신저자 : 한양대학교 융합전자공학부 교수

† 논문접수일 : 2011년 11월 2일

† 논문심사일 : 2012년 6월 5일

† 게재확정일 : 2012년 6월 5일

I. 서론

VANET(Vehicular Ad-hoc Network)은 정보통신과 교통기술이 융합되어 ITS(Intelligent Transportation Systems) 산업에서 다양한 서비스를 제공하기 위한 핵심 요소이다. 이러한 VANET이 제공하는 주요 서비스에는 위험상황에 대한 긴급경고메시지, 도로상태, 교통 및 날씨정보 등이 있으며 이는 멀티 홉(multi-hop)형태의 브로드캐스트 방식이 많이 사용되고 있다[1]. 브로드캐스트는 송신 노드가 전송범위 내에 있는 모든 노드에게 패킷을 전송하는 것이다. 브로드캐스트 패킷의 TTL(Time To Live)이 1이상일 때는 패킷을 수신한 각 노드가 패킷을 재 브로드캐스트(rebroadcast)하게 되는데 이때 사용되는 대표적인 브로드캐스트 방식을 플러딩(flooding)이라 한다[2]. 플러딩 방식을 통해 패킷 중복, 루핑(looping)현상을 방지 할 수 있지만 이 역시 모든 노드가 패킷전송에 참여하기 때문에 대역폭 낭비와 종단 간 지연이 증가하여 네트워크의 급격한 성능저하를 가져오게 된다.

본 논문에서는 거리기반의 브로드캐스트 방식을 이용하여 네트워크 트래픽을 감소하고 경로 요청 패킷의 안정성을 향상시키는 알고리즘을 적용한 라우팅 프로토콜을 제안한다. 또한 도심 환경에서의 성공적인 패킷 전파를 위하여 교차로에서 대기 시간의 우선순위 차등화 알고리즘을 통해 도심에서의 패킷 전송 문제를 해결한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련연구로서 VANET 환경에 대한 특성 및 통신 요구사항, 그리고 기존에 제안되었던 애드-혹(ad-hoc) 네트워크에서의 라우팅 프로토콜에 대하여 알아보고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서 제안한 라우팅 방법과 기존의 라우팅 방식을 VANET 시뮬레이션 환경에서 성능을 평가한다. 마지막으로 5장에서 본 연구에 대한 전체적인 평가와 고찰로 결론을 맺는다.

II. 관련연구

본 장에서는 VANET 환경에서의 on-demand 방식 라우팅과 위치기반 라우팅, 그리고 table-driven 방식을 적용한 위치기반 라우팅의 특성을 살펴본다. VANET 환경에서 각 라우팅 알고리즘이 갖는 취약성을 파악하여 VANET 환경 및 도심지 환경에 적합한 라우팅 알고리즘 개발의 필요성을 제시한다.

1. AODV(Ad-Hoc On-demand Distance Vector)

AODV는 MANET(Mobile Ad-Hoc Network)기반의 라우팅 프로토콜로서 기본적으로 table-driven 알고리즘 중 하나인 DSDV(Destination Sequence Distance Vector)와 on-demand 알고리즘인 DSR(Dynamic Source Routing)의 장점을 취합하고 문제점을 해결한 프로토콜이다[3][4][5]. AODV의 경로 요청 과정은 다음과 같다. 목적지 노드에 대한 경로정보가 자신의 라우팅 테이블에 존재하지 않는 소스 노드는 RREQ(Route Request) 패킷을 생성하여 네트워크로 브로드캐스팅 한다. <그림 1>에 나타내고 있는 RREQ 패킷은 플러딩 방식을 통하여 maximum hop count에 도달할 때 까지 브로드캐스팅 된다. 경로 응답 과정은 다음과 같다. 경로 요청 과정에서의 RREQ 패킷을 수신한 목적지 노드는 <그림 2>에서 나타내고 있는 RREP 패킷을 생성하여 RREQ 패킷이 경유해온 역 경로를 이용하여 소스 노드까지 유니캐스트로 전송된다. 소스 노드가 RREP(Route Reply) 패킷을 수신하게 되면 목적지 노드까지의 경로 설정 과정이 완료되고 데이터 패킷의 송신을 시작한다.

Type	J	R	G	D	U	Reserved	Hop Count
RREQ ID							
Destination IP Address							
Destination Sequence Number							
Originator IP Address							
Originator Sequence Number							

〈그림 1〉 RREQ 패킷 포맷
 〈Fig. 1〉 RREQ Packet Format

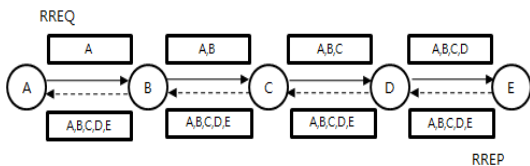
Type	R	A	Reserved	Prefix Sz	Hop Count
Destination IP Address					
Destination Sequence Number					
Originator IP Address					
Lifetime					

〈그림 2〉 RREP 패킷 포맷
(Fig. 2) RREP Packet Format

2. GSR(Geographic Source Routing)

GSR은 DSR의 on-demand 방식과 source routing 방식을 접목하여 위치정보를 이용하는 위치 기반 VANET 라우팅 프로토콜이다[6]. 모든 차량은 지도 정보를 가지고 있다는 가정을 전제로 도심 환경에서 패킷의 이동 경로를 목적지까지의 각 교차로 정보를 이용하여 효율적인 전송을 수행하도록 제안하였다.

GSR에서는 목적지의 위치정보를 획득하는 과정인 위치정보 서비스를 제안하는 알고리즘의 범위 밖으로 보고 다루고 있지 않고 있다. 많은 연구에서 목적지의 위치를 획득하기 위한 위치정보 서비스에 대한 연구가 진행되고 있다[7]. <그림 3>과 같이 경로 설정 과정에 있어서 RREQ 패킷을 사용하여 목적지 노드를 발견하고 RREP 패킷의 수신으로 소스 노드는 목적지 노드의 위치 정보를 획득한다. 목적지 노드의 위치 정보 획득을 통해 소스노드는 목적지 노드까지 경유하는 교차로의 순차번호들을 패킷 헤더에 추가하는 source routing 방식을 이용한다. 각 노드는 목적지 노드에 대한 경로정보를 저장하는 테이블을 갖지 않고 on-the-fly 방식을 통해 데이터 패킷을 목적지 노드에게 전달한다.



〈그림 3〉 GSR 경로 설정 과정
(Fig. 3) Process of GSR routing path establishment

3. POVRP(A Position-Based On-demand Routing Protocol in VANET)

POVRP는 VANET 환경에서 안정적인 경로 설정 및 경로 유지를 위한 유니캐스트 알고리즘과 위치 정보를 이용한 빠른 멀티 홉 브로드캐스트 알고리즘에 대하여 제안하였다[8]. 차량 운행에서 안전 서비스와 라우팅 알고리즘의 경로 설정 유지를 위해 주기적인 hello 패킷을 사용한다. hello 패킷은 한 홉 단위로 브로드캐스트 되며 차량의 위치, 속도, 방향 등에 대한 정보를 포함하고 있다. 따라서 모든 노드는 자신의 한 홉 이내에 있는 이웃 노드들에 대한 정보를 이웃 노드 테이블에 저장 및 갱신함으로써 최신 정보를 유지한다.

일반적인 위치 기반 브로드캐스트는 노드의 통신 반경에 따른 수신 노드와의 절대적인 거리 차이에 따라 대기 시간을 산출한다[9]. 그러나 POVRP에서는 송신 노드와 수신 노드의 거리 차에 따른 적응적 대기 시간을 산출한다. 이를 통해 멀티 홉 브로드캐스트 시 불필요한 대기 시간을 단축시킴으로써 패킷이 보다 빠르게 전파되도록 하였다. 또한 경로 요청 시 사용되는 RREQ 패킷의 브로드캐스트를 위한 안정적인 임계영역을 설정하였다. 안정적인 임계영역 설정을 위하여 경로 요청 예상 시간 동안 자신의 이웃 노드 테이블에 있는 이웃 노드들 중 상대 속도 차에 의해 통신 반경에서 벗어날 것으로 예상되는 노드와의 거리의 평균값을 이용하였다. 또한 교차로에서의 노드는 가장 짧은 대기시간으로 브로드캐스트 하게 된다. 그 결과 도심 환경에서의 패킷 전파 성공 가능성이 증가하게 되었다. 하지만 교차로에서의 가장 짧은 대기시간을 교차로 내에 위치한 모든 노드에게 동일하게 적용하게 되어 노드의 밀도가 높아질 경우 충돌로 인한 패킷 전파 효율이 떨어지게 된다.

4. 거리기반 브로드캐스트 (Distance-Based broadcast)

거리 기반 브로드캐스트는 소스 노드가 브로드

캐스트 메시지를 전송하면 이 메시지를 수신한 노드들은 각각 일정한 대기시간(waiting time)을 가지며 대기한다. 여기서 대기시간은 소스노드와의 거리에 따른 것으로 거리가 먼 노드일수록 짧은 시간을 갖는다. 자신의 대기시간동안 동일한 패킷을 다른 노드가 브로드캐스트 했다면 자신은 더 이상 이 패킷을 재전송하지 않는다. 즉 소스 노드로부터 가장 거리가 먼 노드는 가장 짧은 대기 시간을 가짐으로써 가장 먼저 브로드캐스트 하게 되고 이 사실을 인지한 대기 중인 다른 노드들은 전송을 중단하여 결과적으로 소스 노드로부터 가장 먼 노드만 다시 브로드캐스트 하게 된다. 만약 가장 먼 노드가 전송에 실패하였다하더라도 그 다음으로 가장 짧은 대기 시간을 갖는 다른 노드에 의해 전송은 이루어진다.

이러한 거리 기반 브로드캐스트 방식에서 대기 시간은 기본적으로 식(1)에서 나타내고 있는 선형적인 형태를 보인다[10, 11].

$$WaitingTime = \frac{-MaxWT}{Range} \cdot d + MaxWT \quad (1)$$

MaxWT: 최대 대기시간, Range: 전송 범위,
d: 노드 간 거리

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 차량의 위치 정보를 이용한 거리기반 브로드캐스트 방식을 이용한다. 주변 차량의 위치 정보 획득은 이전 연구인 POVRP의 방식과 마찬가지로 주기적인 hello 패킷을 통해 한 홉 이내에 있는 이웃 노드들에 대한 정보를 유지한다[8].

Ⅲ. 도심환경을 고려한 위치기반 라우팅 프로토콜

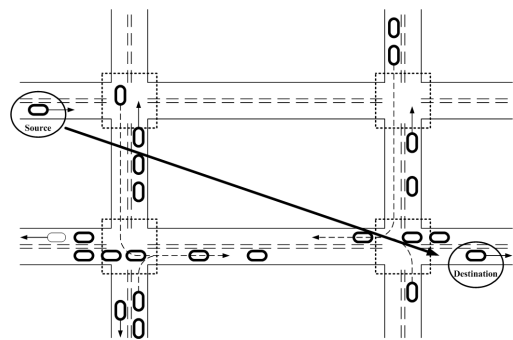
관련연구에서 살펴본 바와 같이 현재까지 개발된 라우팅 프로토콜은 위치정보 및 차량의 속도정보를 이용하여 기존 연구에서 보다 발전되어왔다. 그러나 일반적인 고속도로 환경과 전파 장애 요소가 많은 도심환경에서 보다 유연하게 동작할 수 있는 라우팅 프로토콜이 필요한 실정이다. 또한 VANET

환경에서 이용되는 서비스나 유니캐스트를 위한 경로 요청을 위해 많은 멀티 홉 브로드캐스트 패킷이 발생하게 된다. 멀티 홉 브로드캐스트는 발생 횟수와 노드의 밀도에 따라 전체 네트워크의 트래픽이 기하급수적으로 늘어나게 된다.

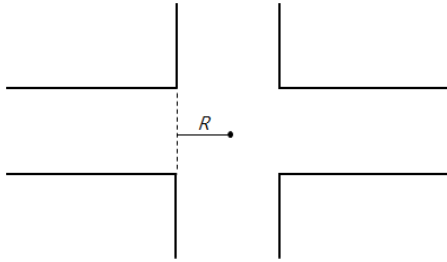
경로 요청 브로드캐스트는 패킷을 재전송하게 되는 전달 노드가 경로 응답 과정을 완료함으로써 유니캐스트 전송을 위한 경로가 된다. 따라서 네트워크 계층에서 패킷에 대한 정보를 유지해 지속적인 특성을 가지고 있다. 또한 경로의 이탈이 예상되는 노드를 전달 노드에서 제외하여 안정적인 경로를 설정할 수 있는 기능이 요구된다. 또한 도심환경에서는 교차로에서의 전송 성공이 보장되어야한다. 따라서 본 장에서는 교차로에서의 전송 성공률 보장과 함께 안정적인 전달 노드를 선정할 수 있는 알고리즘을 설명한다.

1. 교차로에서의 위치에 따른 우선순위 차등화 알고리즘

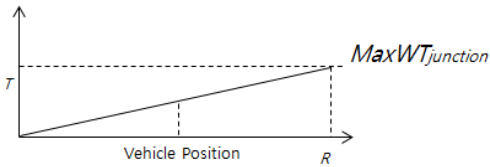
VANET 환경에서의 경로 요청 브로드캐스트는 <그림 4>에서 보여 지는 것처럼 경로 요청 패킷이 발생 되었을 경우 목적지를 발견할 때까지 멀티 홉으로 브로드캐스트 된다. 도로상의 노드의 밀도에 따라 패킷은 전송되거나 전송되지 않는데 교차로에서의 전송이 보장되지 않는다면 노드의 밀도가 충분하더라도 경로가 형성되어지지 않는다.



<그림 4> 도심환경에서 경로 요청 브로드캐스트
<Fig. 4> Broadcast of routing path request in urban area



〈그림 5〉 교차로에서의 반지름
(Fig. 5) Radius of intersection



〈그림 6〉 교차로의 중심점으로부터 차량의 위치에 따른 T값
(Fig. 6) T value, based on the position of vehicle from the middle point of intersection

$$Max\ WT_{junction} = \frac{Max\ WT \cdot R}{Range} \quad (2)$$

$Max\ WT_{junction}$: 사거리에서의 최대 대기시간;

R : 교차로에서의 반지름

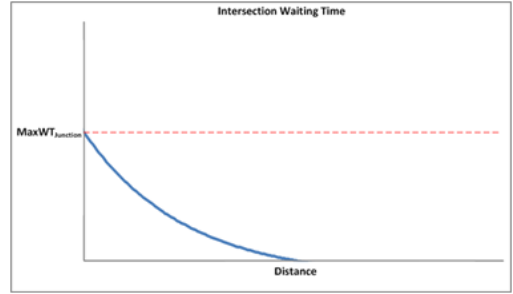
교차로에서의 전송 성공률을 높이기 위해서는 교차로 내에 존재하는 차량의 위치에 따른 적응적 대기시간이 필요하다. 교차로의 반지름과 차량의 통신 반경 그리고 교차로의 중심점으로부터 차량이 위치하는 거리에 따른 대기시간을 산출하기 위한 방법이 식(2)와 식(3)에 나타나 있다.

$$T = x_{veh} \cdot \left(\frac{Max\ WT_{junction}}{R} \right) \quad (3)$$

T : 선형적 대기시간

x_{veh} : 교차로 중심으로부터의 차량 거리

식(2)은 차량의 통신반경과 교차로의 반지름 거리를 통해 교차로에서의 최대 대기시간을 산출한다. 식(3)은 식(2)에서 산출된 교차로에서의 최대 대기시간을 기반으로 <그림 6>과 같이 교차로에서 차량 위치에 따른 선형적 대기시간인 T값을 산출한다. 이러한 과정을 통해 구해진 선형적 대기시간 T



〈그림 7〉 $MaxWT_{junction}$ 에 따른 대기시간
(Fig. 7) Waiting time among $MaxWT_{junction}$

는 식(4)에 적용되어 지수적인 교차로 내에서의 최종적인 대기시간을 <그림 7>과 같이 결정한다.

$$Waiting\ Time = T \cdot e^{-px} \quad (4)$$

(where $T < Max\ WT_{junction}$)

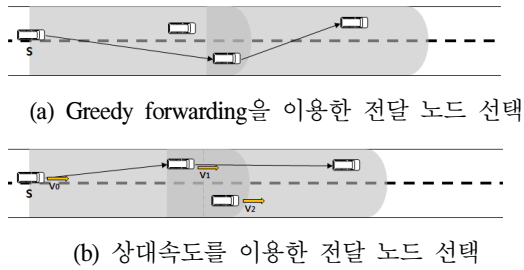
p : 지수 상수

각 차량은 자신의 위치가 교차로 내부에 있다고 판단 될 경우 교차로 외부에 있는 차량보다 항상 작은 대기시간을 가짐으로서 먼저 브로드캐스트 할 수 있는 우선순위를 갖게 된다. 또한 교차로 내부에 있는 차량들 사이에서도 교차로 중심점으로 부터의 거리에 따른 적응적 대기시간을 적용함으로써 차량이 동시에 전송하여 충돌이 발생할 수 있는 경우를 최소화한다.

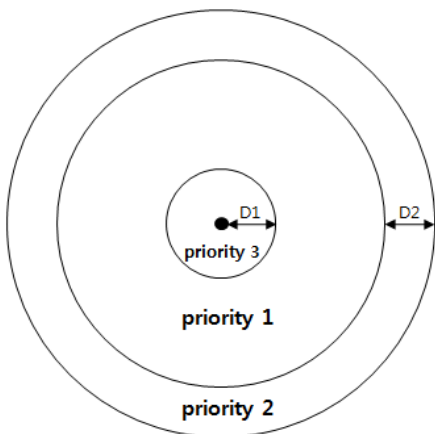
2. 안정적인 경로설정을 위해 상대속도를 이용한 우선순위 알고리즘

Table-driven 라우팅 방식을 사용하는 프로토콜의 경우 경로 요청 과정에서의 전달 노드들은 경로 응답 과정에서 성공했을 때 목적지로 패킷을 보내기 위한 경로가 된다. 따라서 경로 요청 과정에서의 전달 노드 선택 방법은 안정적인 경로를 확보하기 위한 전제조건이라 할 수 있다.

<그림 8(a)>는 greedy forwarding을 이용하여 전달 노드를 선택하는 과정을 보이고 있다. 그러나 상대 속도 차이가 클 경우 전달노드가 통신 반경에서 벗어날 가능성 역시 크다고 할 수 있다. 전달 노드가



〈그림 8〉 경로 요청 과정에서의 안정적인 전달 노드 선택
 〈Fig. 8〉 Selection of stable forwarding node in route request



〈그림 9〉 거리에 따른 우선순위 영역
 〈Fig. 9〉 Priority area among distance

소스 노드의 통신 반경에서 벗어날 경우 경로 단절 현상이 발생하게 된다. 따라서 <그림 8(b)>와 같이 소스 노드와의 상대속도를 고려하여 경로 이탈이 예측되는 노드를 전달 노드에서 배제해야 할 필요성이 있다.

제안하는 내용은 다음과 같다. <표 1>에서 보이는 바와 같이 소스노드는 이웃 노드 중 경로 요청 예상시간 동안 상대 속도 차이에 의해 자신의 통신 반경을 벗어날 것으로 예상되는 노드 중 가장 긴 거리를 D2로 설정한다. 경로 요청 예상 시간은 식 (5)를 통해 알 수 있다.

여기서 경로 요청 예상 시간은 목적지를 찾기 위해 경로 요청 패킷이 전송 될 수 있는 최대 홉 수인 TTL과 1-hop 간 전송 시 예상되는 전송 시간, 그리고 경로 응답 과정을 통해 진행된 경로로 다시 되

〈표 1〉 우선순위 영역 분류
 〈Table 1〉 Classification of priority area

영역	D2	D1
기본개념	소스노드의 통신반경을 벗어날 것으로 예상되는 노드를 제외시키기 위한 거리	소스노드로부터 어떤 노드도 존재하지 않는 거리
제안내용	상대속도를 이용하여 경로 요청 시간동안 소스노드의 통신반경을 벗어날 노드 중 거리가 가장 긴 노드와의 거리	소스노드의 이웃노드 중 가장 가까운 거리를 가장 낮은 우선순위로 하여 불필요한 대기시간을 단축시키기 위한 거리

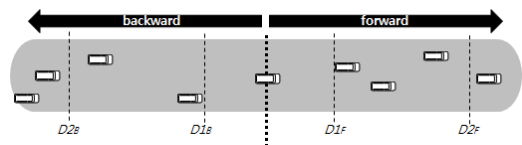
돌아오는 시간을 고려해 배수를 적용하여 설정하였다. 이를 통해 경로 요청 패킷으로 인한 경로 응답 패킷의 수신까지 최대 시간을 산출할 수 있으므로 이를 경로 요청 예상 시간으로 설정한다.

$$T_{traversal} = 2 \cdot TTL \cdot t_{hop} \quad (5)$$

t_{hop} : 1-hop 전송시간

TTL : Time To Live

D1영역은 소스노드로부터 가장 가까운 거리에 위치한 노드와의 거리로 설정한다. 이 영역은 가장 낮은 우선순위를 가지며 불필요한 대기시간을 단축하기 위하여 사용된다. 결과적으로 <그림 9>에서 보여 지는 것처럼 D1으로 설정된 영역은 가장 낮은 우선순위를 갖는다. 그리고 D2영역이 두 번째 우선순위를 가지며 노드의 통신반경 중 D1과 D2영역을 제외한 영역이 가장 안정화된 영역으로 판별된다.



〈그림 10〉 차량의 전후방에 따른 영역의 구분
 〈Fig. 10〉 Classification of area based on vehicle's front and rear

<그림 10>은 차량의 전후방에 따른 영역의 구분을 나타낸다. D1영역과 D2영역은 소스 노드를 중심으로 이웃 노드간의 상대속도 정보를 이용하여 예측되는 거리로 나타내어진다. 따라서 도로를 따라 토폴로지가 형성되는 VANET의 특성상 차량의 전방과 후방의 교통 상황이 달라질 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 소스 노드는 자신의 이웃 노드 테이블에 있는 정보를 토대로 하여 전방과 후방에 대한 D1, D2영역의 거리 값을 경로 요청 패킷에 추가하여 브로드캐스트 한다. 패킷을 수신한 노드는 자신이 소스 노드 기준으로 전방 또는 후방에 있는지에 대하여 판별하고 패킷 내 영역 정보를 이용하여 자신의 대기시간을 산출한다. 대기시간 동안 동일한 패킷의 송신 여부가 판별되지 않는다면 자신의 이웃 노드 테이블로부터 D1과 D2영역에 대한 정보를 경로 요청 패킷에 갱신한 후 브로드캐스트 한다. 전·후방에 대한 D1과 D2영역의 거리를 구하는 식은 각각 식(6)와 식(7)을 통해 알 수 있다.

$$D2_F = \text{Max}(|V_{neighbor_F} - V_{src}| \cdot T_{traversal}) \quad (6)$$

(if, $V_{neighbor_F} > V_{src}$)

$$D1_F = \text{Min}(\text{Distance}(neighbor_F, \text{Source Node}))$$

D2_F: 차량 전방의 D2거리, $V_{neighbor_F}$: 차량 전방에 위치한 이웃 노드의 속도, V_{src} : 자신의 속도

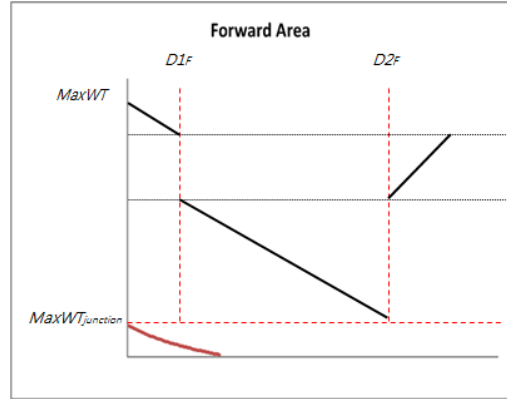
$$D2_B = \text{Max}(|V_{src} - V_{neighbor_B}| \cdot T_{traversal}) \quad (7)$$

(if, $V_{neighbor_B} < V_{src}$)

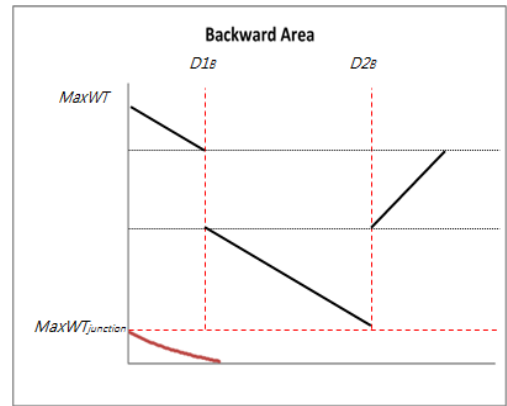
$$D1_B = \text{Min}(\text{Distance}(neighbor_B, \text{Source Node}))$$

D2_B: 차량 후방의 D2거리, $V_{neighbor_B}$: 차량 후방에 위치한 이웃 노드의 속도, V_{src} : 자신의 속도

D1과 D2영역의 구분과 이로 인한 우선순위 적용에 따른 대기시간은 각각 <그림 11>, <그림 12>와 같다. 노드가 교차로 내에 위치할 경우를 제외하고 우선순위가 가장 높은 D1과 D2사이 구간은 거리가 가장 먼 구간에서부터 가장 짧은 대기시간을 가지며 증가한다. 브로드캐스트 패킷의 재전송이 이 영역에서 이루어지지 않는다면 D2영역부터 거리가 먼 쪽으로 대기시간이 증가한다. D2영역은 노드의



<그림 11> 차량 전방에 대한 대기시간
(Fig. 11) Waiting time of vehicle forward area



<그림 12> 차량 후방에 대한 대기시간
(Fig. 12) Waiting time of vehicle backward area

이탈이 예상되는 영역이므로 거리가 늘어날수록 대기시간이 증가한다. 가장 낮은 우선순위를 갖는 D1 영역은 브로드캐스트 패킷 전송 시 노드가 존재하지 않는 영역이지만 이 영역 자체가 예측된 값을 사용하는 것이므로 경로 요청 시간 내에도 D1 영역 내에 노드가 존재 할 수 있다. D1과 D2의 값을 이용한 대기시간은 식 (8)을 통해 알 수 있다.

$$\text{Waiting Time} = \begin{cases} -(\frac{\text{Max WT}}{\text{Range}}) \cdot d + \text{Max WT} & (\text{if, } 0 < d < D1) \\ -(\frac{\text{Max WT}}{\text{Range}}) \cdot (d - D2) & (\text{if, } D1 < d < D2) \\ +(\frac{\text{Max WT}}{\text{Range}}) \cdot (d - D1) & (\text{if, } D2 < d < \text{Range}) \end{cases} \quad (8)$$

D2영역에 두 번째 우선순위를 부여하여 상대적으로 Greedy forwarding에 비해 소스 노드에 보다 가까운 노드가 전달 노드로 선정될 가능성이 높다. 따라서 경로상의 홉 카운트가 낮고 초기 지연시간이 적게 발생할 것이다. 그러나 경로 이탈 가능성이 예측되는 노드의 우선순위를 낮춤으로써 유니캐스트 전송에서 보다 안정적인 데이터 전송이 가능하게 된다.

IV. 성능평가

1. 성능평가 환경

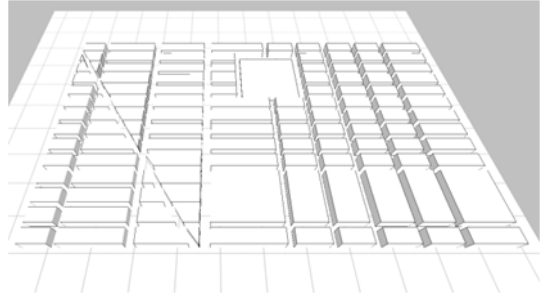
성능 평가를 위한 시뮬레이터는 Qualnet 4.5를 사용하였다. 시뮬레이션 환경은 서론에서 언급되었던 WAVE 환경에 부합되도록 설정하였다. <표 2>은 시뮬레이션에서 사용되는 주요 파라미터 값을 나타내고 있다.

<표 2> 시뮬레이션 파라미터
(Table 2) Simulation parameter

파라미터	값
시뮬레이션 공간	2200m X 1500m
최대 노드 수	1100개
응용계층	CBR
트랜스포트계층	UDP
네트워크 계층	IPv4
MAC 계층	IEEE 802.11e
물리계층	IEEE 802.11a
전송속도	6Mbps
최대 전송거리	200m
사용주파수	5.9GHz band 10MHz single channel
Data 패킷의 크기	512byte

시뮬레이션 공간은 2200m X 1500m 의 크기를 갖는 맨하탄 모델을 사용하였다. 격자 형태를 가지고 있는 맨하탄 모델은 도심 환경에서의 시뮬레이션을 위해 많은 연구가 이루어지고 있다[10][11]. 본 논문에서는 <그림 13>과 같이 실제 맨하탄의 도심

지를 모델링하여 시뮬레이터에 적용하였다. 또한 도심지 모델에서 교통공학적인 차량의 움직임을 재현하기 위하여 SUMO(Simulation of Urban MObility) 시뮬레이터를 이용하였다[12].

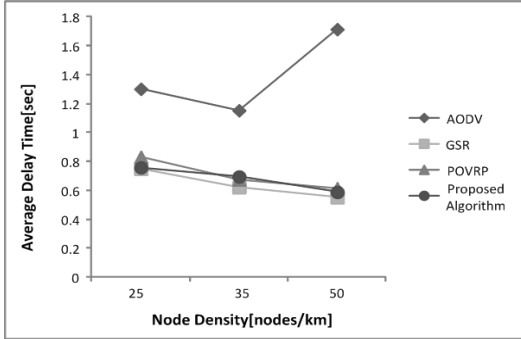


<그림 13> 맨하탄 모델
(Fig. 13) Manhattan model

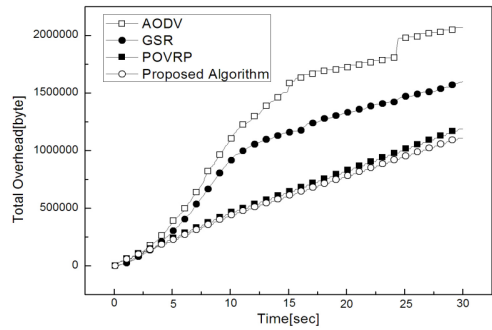
2. 성능분석

성능분석은 제안된 알고리즘을 적용한 라우팅 프로토콜과 기존 연구의 방식을 비교하여 수행하였다. <그림 14>의 중단 간 패킷의 평균 지연시간을 보면 AODV 경우 차량의 밀도가 증가하면서 지연시간이 감소하는 현상을 보인다. 그러나 차량의 밀도가 가장 높을 경우 패킷의 충돌과 재전송으로 인한 지연시간이 급격히 상승하게 된다. 그에 비해 거리 기반 브로드캐스트 방식을 사용하는 그 외 프로토콜들의 경우 밀도가 증가함에 따라 지연 시간이 감소하는 현상을 보이며 프로토콜 간 지연시간의 큰 차이를 보이지 않는다.

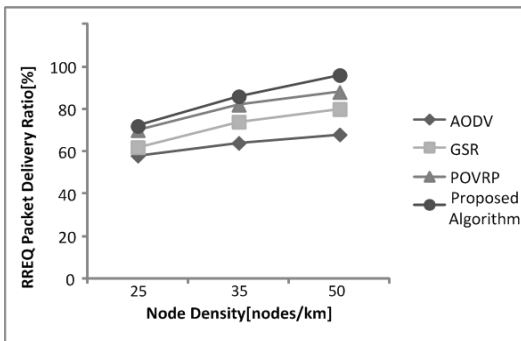
<그림 15>와 같이 RREQ 패킷 전송률의 경우 차량의 밀도가 증가함에 따라 전반적으로 전송률의 증가를 보이고 있다. 제안하는 알고리즘은 교차로에서의 우선순위 차등화를 통해 전송 안정성을 도모하여 차량의 밀도가 증가할수록 다른 프로토콜들에 비해 전송률의 격차가 커지는 것을 보이고 있다. POVRP에 비해 최대 약 8%의 전송률이 향상되었음을 알 수 있다. 또한 모든 노드가 재전송에 참여하게 되는 플러딩 방식을 사용하는 AODV의 경우 차량의 밀도가 증가함에도 패킷의 전송률 증가폭이 크지 않음을 확인할 수 있다.



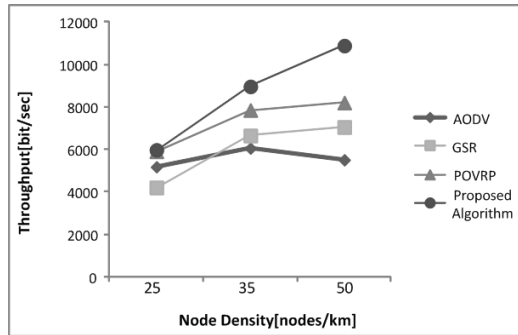
<그림 14> 평균 지연 시간
(Fig. 14) Average delay time



<그림 17> 전체 오버헤드
(Fig. 17) Total overhead



<그림 15> RREQ 패킷 전송률
(Fig. 15) RREQ packet delivery ratio



<그림 16> 시간 당 처리량
(Fig. 16) Throughput per time

결과적으로 <그림 16>의 시간 당 처리량을 보면 제안된 알고리즘의 경우 안정적인 경로 설정을 통한 패킷 전송으로 인해 차량의 밀도가 증가함에 따라 처리량이 향상되는 것을 알 수 있다. 이는 경로 요청 과정에서의 안정적인 경로 설정과 교차로에서의 RREQ 패킷 도달률이 향상된 결과로 볼 수 있을

것이다. POVRP와 GSR의 경우 차량의 밀도가 증가함에 따라 처리량이 늘어나는 것을 확인할 수 있으나 그 차이가 크지 않다. 이는 경로 요청 과정의 성공 여부와 잦은 경로 이탈을 원인으로 파악할 수 있다. AODV는 높은 네트워크 트래픽으로 인해 패킷의 처리량이 매우 저조하게 나타나고 있다.

<그림 17>은 시간의 증가에 따른 전체 네트워크의 오버헤드를 나타낸다. AODV의 경우 플러딩 방식으로 인한 매우 높은 오버헤드 증가율을 보인다. GSR은 패킷의 헤더에 경로정보를 추가하는 source routing 방식으로 인해 다소 높은 오버헤드를 갖는다. POVRP의 경우 제안된 알고리즘과 큰 차이를 보이고 있지 않다. 그러나 시간이 증가함에 따라 근소한 차이를 보이고 있다. 이는 경로 설정 과정에서의 차이로 인해 POVRP가 좀 더 많은 제어 패킷을 발생시키는 것으로 파악할 수 있다.

결과적으로 패킷 전송 시 평균 지연 시간은 플러딩 방식을 사용하는 AODV에서 높은 값을 보인다. 차량의 밀도가 높아질수록 큰 폭의 상승을 보이고 있다. 이는 플러딩 방식에서의 네트워크의 트래픽 증가로 인해 발생된 많은 패킷 손실을 원인으로 볼 수 있다. 그 밖의 프로토콜들에서는 전송 지연에 있어 큰 차이를 보이고 있지 않다. RREQ 패킷 전송률에서는 낮은 트래픽을 발생하는 greedy forwarding 프로토콜이 우수한 성능을 보이며 제안된 알고리즘의 경우 차량의 밀도가 높아짐에 따라 전송률의 상대적 차이가 더 높아지는 현상을 보이고 있다. 시간당 처리량을 나타내는 단위 시간당 처리량(throughput)에

서는 경로 복구 메커니즘과 각 프로토콜에서 발생하는 트래픽 양에 따라 AODV와 GSR의 성능차이를 보이고 있다. 제안된 알고리즘은 이전 연구인 POVRP에 비해 교차로에서의 전송 향상과 안정적 경로 획득을 통하여 차량의 밀도가 증가할수록 높은 차이를 보이고 있다.

V. 결 론

차량 간 애드-혹 통신은 기반 시설 없이 차량 간의 무선 통신을 통해 운전자에게 안전성과 편의성을 제공해 줄 수 있다. 그러나 차량의 속도가 빠르고 토폴로지가 빈번하게 변화할 수 있는 차량 간 통신의 특징은 데이터를 안정적으로 전송함에 있어 네트워크 부하 및 전송 지연이 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 논문에서 제안하고 있는 멀티 홉 브로드캐스트 알고리즘은 거리 기반 브로드캐스트 방식과 경로 요청 과정에서의 안정적인 전달 노드의 선택으로 인해 이전 연구에 비해 네트워크 오버헤드를 8% 감소하였으며 패킷의 처리량을 25% 향상시킬 수 있었다. 또한 교차로에서의 우선순위 차등화를 통하여 도심 환경에서도 전파 장애 요인을 극복하여 전체적인 네트워크 성능의 향상을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Fan Li and Yu Wang, "Routing in Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey", *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 2, Issue 2, pp.12-22, June 2007.
- [2] S. Biswas, R. Tatchikou, F. Dion, "Vehicle-to-Vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety", *IEEE Communication Magazine*, vol. 44, Issue 1, pp.74-82, January 2006.
- [3] C. Perkins, E. Royer, and S. Das., Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing. *Internet Draft, Internet Engineering Task Force*, March 2001.
- [4] C. Perkins, P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers", *In Proceedings of the ACM SIGCOMM'94 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications*, pp.234-244, August 1994.
- [5] J. Broch, D. Johnson, and D. Maltz, "the dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks" *IETF, Internet Draft, draft-ietfmanet-dsr-00.txt*, March 1998.
- [6] C. Lochert, H. Hartenstein, J. Tian, H. Fussler, D. Germann, and M. Mauve, "A routing strategy for vehicular ad hoc networks in city environments", *in Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp.156-161, June 2003.
- [7] 김종현, 김기천, 정우영, "VANET 환경에서의 경로 최적화를 위한 그리드 기반 위치 정보 서비스 스왑 기법", *한국 ITS학회 논문지*, 제9권, 제1호, pp.76-90, 2010. 2.
- [8] Sung-Dae Jung, "A Position-Based On-demand Routing Protocol in VANET" *A Dissertation presented to the graduate school of HANYANG University in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in electronics and computer engineering*, February 2011.
- [9] L. Briesemeister, L. Schers, and G. Hommel, "Dissemination Messages among Highly Mobile Hosts based on Inter-Vehicle Communication." *in Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Dearborn, MI, USA, October 2000.
- [10] Alam. M, Sher. M. Husain. S.A, "Integrated Mobility Model (IMM) for VANETs simulation and its impact", *2009. International Conference on Emerging Technologies*, pp.452-456, October 2009.
- [11] M.Chegin and M.Fathy, "Optimized routing based on mobility prediction in wireless mobile adhoc networks for urban area", *fifth International conference on Information Technology: New Generations (ITNG)*, pp.390-395, April 2008.
- [12] SUMO, Simulation of Urban MObility, [Online]. Available:<http://sourceforge.net/apps/mediawiki/simo>

저자소개



함 우 형 (Ham, Woo-Hyung)
2010년 2월 : 한양대학교 공학석사
2010년 2월 : 한신대학교 정보통신학 학사



장 상 우 (Jang, Sang-Woo)
2010년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 공학박사과정
2007년 2월 : 한양대학교 공학석사
2005년 2월 : 단국대학교 컴퓨터공학 학사



이 상 선 (Lee, Sang-Sun)
1993년 ~ 현재 : 한양대학교 융합전자공학부 교수
1993년 2월 : 전자부품종합기술연구소 선임연구원
1991년 11월 : 생산기술원 선임연구원
1990년 2월 : University of Florida, 전기공학 박사
1983년 2월 : 한양대학교 전자공학 석사
1978년 2월 : 한양대학교 전자공학 학사