

# 도시환경 VANET을 고려한 라우팅 알고리즘

## (Routing Algorithm for Urban Vehicular Ad hoc Networks)

정 현 재 \*                      이 수 경 \*\*  
(HyunJae Jung)                      (SuKyoung Lee)

**요 약** Vehicular Ad-Hoc Network(VANET)에서는 차량의 높은 이동성으로 인하여 빈번한 네트워크 단절이 일어난다. 본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 차량 밀도에 기반을 둔 경로 선택 알고리즘과 최소 홉 수를 유지하면서 end-to-end 패킷 전송 비율을 높이는 라우팅 알고리즘을 제시한다. 또한 교차로 근처에서 패킷을 전송할 때 건물로 인한 Packet Error Rate을 줄이는 다음 홉 노드 선택 알고리즘을 소개한다. 시뮬레이션 통하여 제안 알고리즘이 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks)에 비하여 패킷을 carry하도록 수정한 알고리즘보다 성능이 향상된 것을 확인하였다.

**키워드** : VANET, 도시환경, 라우팅, 지연시간, throughput

**Abstract** Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs) suffer from frequent network disconnections due to obstacles such as buildings even in urban environments with high density of traffic. Thus, in this paper, we propose a routing algorithm that finds optimal end-to-end paths in terms of both traffic density and distance in the urban VANET and selects the next hop with the minimum distance, while maintaining the minimum hop counts over the path. The simulation results show that the proposed algorithm achieves higher throughput and smaller end-to-end delay than Greedy Perimeter Stateless Routing (GPSR) with message carrying.

**Key words** : Urban VANET, routing, end-to-end delay, throughput

### 1. 서 론

지난 몇 년간 Vehicular Ad hoc Network(VANET)은 자동차 관련 연구에 있어 많은 관심을 가져왔다. VANET을 통하여 위험상황 전파, 교통정체 탐지와 같은 승객의 안전을 위한 서비스뿐만 아니라 차량 간 게임, 채팅, 데이터 공유와 같은 승객의 편의를 위한 많은 수의 서비스를 지원 할 수 있고, 이를 위한 응용소프트

웨어 개발이 증가하고 있기 때문이다.

기존의 Mobile Ad hoc Network(MANET) 라우팅 알고리즘을 VANET에 적용할 때 경로 단절로 인한 패킷 손실 및 경로 재설정으로 인한 전송지연의 문제점을 갖는다[1]. 이런 문제를 해결하기 위한 VANET용 알고리즘이 제안되었다[2-6]. [2,3]에서는 지형을 고려하여 목적지에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 설정한다. [4,5]에서는 교차로를 고려한 경로 탐색 알고리즘이 소개된다. [6]의 Vehicle-Assisted Data Delivery(VADD) 알고리즘은 Carry and Forward 기반으로 end-to-end 지연시간이 최소인 경로를 찾는 알고리즘이다. 한편 도시환경에서의 VANET은 빈번한 토폴로지 변화와 특히 교차로 근처에서 높은 건물들로 인한 전파 방해로 인하여 빈번한 네트워크 단절을 야기 시킨다. 하지만 기존의 VANET 라우팅 알고리즘들은 도시 상황에서의 차량 밀도 및 주변 장애물을 고려하지 않기 때문에 빈번한 네트워크 단절을 야기시킨다.

또한 기존의 라우팅 알고리즘은 전송반경 안에 있는 노드 중 가장 먼 노드를 다음 홉으로 선정하여 end-to-end 홉 수를 줄이려고 한다. 이는 전송 거리에 비례하

\* 이 논문은 2010년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(KRF-2008-531-D00016).

\* 비 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과  
sklee@cs.yonsei.ac.kr

\*\* 정 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
sklee@cs.yonsei.ac.kr

논문접수 : 2009년 8월 12일

심사완료 : 2010년 1월 25일

Copyright©2010 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제37권 제2호(2010.4)

여 증가하는 PER(Packet Error Rate)로 인하여 네트워크 단절을 빈번히 유발 시킨다[3]. 하지만 PER를 줄이기 위해 전송 노드와 가장 가까운 노드를 다음 홉으로 선정하면 전송 홉 수가 커진다. 특히 높은 밀도의 차량이 있는 곳에서는 다수의 노드들이 망 자원을 사용하려고 경쟁하기 때문에(특히, IEEE 802.11) 망 성능이 저하된다. 본 논문에서는 이런 문제를 해결하기 위해 송신 노드에서 목적지 노드까지 전송 홉 수를 최소화시켜 end-to-end 지연 시간을 줄이고, throughput을 향상시키는 도시환경 VANET에서의 라우팅 알고리즘을 제안한다. 시뮬레이션을 통해 GPSR에 버퍼를 추가한 방식 및 VADD 알고리즘에 비해 PER를 줄여 end-to-end 지연시간을 줄이고 전체 throughput이 증가한 것을 확인하였다.

## 2. 단 대 단 라우팅 알고리즘

본 절에서는 인접한 두 교차로 사이의 차량 밀도와 거리를 기반으로 한 경로 선택 알고리즘과 end-to-end 홉 수를 최소화하여 패킷 전송 비율을 높이는 새로운 라우팅 알고리즘을 제안한다. 또한 교차로 근처에서 패킷을 전송할 때 건물로 인한 PER을 줄이는 다음 홉 선택 알고리즘을 제안한다. 모든 차량은 VADD[5]에서와 같이 GPS와 street-level의 디지털 맵을 가지고 있고, 이를 통하여 각 교차로 사이 도로의 시간 별 평균 차량 밀도 정보를 제공 받을 수 있다.

### 2.1 송신자 노드와 목적지 노드 사이의 경로 설정

송신 노드가 목적지 노드에게 보내야 할 패킷이 생기면 목적지 노드까지 패킷을 보낼 경로를 설정한다.

송신 노드는 위치 서비스를 통해 목적지 노드의 좌표를 알고 있다고 가정한다[2]. 차량 밀도와 거리를 고려하여 비용이 최소가 되는 최단 경로를 구하기 위해 그

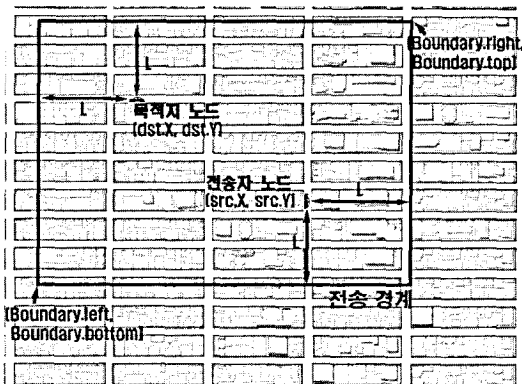


그림 1 Manhattan style grid의 도시상황에서 전송 경계 설정

림 1과 같이 송신 노드와 목적지 노드를 포함한 직사각형 모양의 제한된 지역을 설정한다. 제한된 지역의 경계는 식 (1)과 같이 설정한다. 여기서 L 값은 가로 세로 블록 길이 중 큰 값의 길이로 설정한다.

$$\begin{aligned} \text{Boundary.left} &= \min(\text{src.X}, \text{dst.X}) - L \\ \text{Boundary.right} &= \max(\text{src.X}, \text{dst.X}) + L \\ \text{Boundary.top} &= \min(\text{src.Y}, \text{dst.Y}) - L \\ \text{Boundary.bottom} &= \min(\text{src.Y}, \text{dst.Y}) + L. \end{aligned} \quad (1)$$

그림 1은 [7]에서 제시한 VANET을 위한 도시 환경인 뉴욕 Manhattan 스타일의 일정한 블록 크기의 격자 무늬의 도시 환경에서 전송 제한 구역을 설정한 예를 보여주고 있다. 여기서 L 값의 선택은 가로, 세로 블록 길이 중 더 큰 값으로 설정한다. 이 Manhattan 스타일의 도시 환경은 3절 시뮬레이션 환경에서도 사용 한다.

경계가 설정되면 송신 노드는 차량 밀도에 기반을 두어 목적지 노드까지 최적 경로를 찾는다. 최적 경로를 찾기 위하여 각 교차로를 정점으로 두고 교차로 사이의 도로를 간선으로 두는 그래프를 그린다. 각 간선의 비용은  $d_{ij}/P_{ij}$  값으로 설정한다. 여기서  $ij$ 는 교차로의 ID 숫자이고,  $d_{ij}$ 는  $i$ 와  $j$  사이의 거리를 나타낸다.  $P_{ij}$ 는  $i$ 와  $j$  사이의 평균 차량 밀도를 나타낸다. 송신 노드에 인접한 두 개의 교차로 중 목적지 노드와 더 가까운 교차로를  $I_{s1}$  라고 하고 목적지 노드에서 더 먼 교차로를  $I_{s2}$ 라고 한다. 마찬가지로 목적지 노드에 인접한 두 개의 교차로 중 송신자 노드에 더 가까운 교차로를  $I_{d1}$ 이라고 하고 더 먼 교차로를  $I_{d2}$ 라고 한다. 송신자 노드는 4개의 쌍의 최단 경로의 비용을 Dijkstra 최단경로 알고리즘으로 구한 후 그 비용을 각각  $C_1(I_{s1}, I_{d1})$ ,  $C_1(I_{s1}, I_{d2})$ ,  $C_1(I_{s2}, I_{d1})$ ,  $C_1(I_{s2}, I_{d2})$ 라고 한다. 송신자 노드는 식(2)와 같이 최단 경로를 구한다.

$$\begin{aligned} E2E\_Path &= \min\{C(S, I_{s1}) + C_1(I_{s1}, I_{d1}) + C(I_{d2}, D), \\ &C(S, I_{s1}) + C_1(I_{s1}, I_{d2}) + C(I_{d1}, D), \\ &C(S, I_{s2}) + C_1(I_{s2}, I_{d1}) + C(I_{d2}, D), \\ &C(S, I_{s2}) + C_1(I_{s2}, I_{d2}) + C(I_{d1}, D)\} \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)는 송신 노드와 인접한 교차로 2개와 목적지 노드와 인접한 교차로 2개의 4쌍의 최단 경로 알고리즘을 구한 후, 송신 노드와 첫 번째 교차로 사이의 비용, 목적지 노드와 마지막 교차로 사이의 비용을 더하여 이 값이 4개의 비용 중 가장 작은 값이 나오는 경로를 최단 경로로 정한다. 본 절에서 제안한 경로 선택 알고리즘을 사용하면 차량 밀도와 거리를 모두 고려하여 거리가 짧으면서도 차량 밀도가 큰 경로를 선택함으로써 네트워크 단절 확률과 end-to-end 지연 시간을 줄일 수 있다.

### 2.2 다음 홉 선택

송신 노드가 목적지 노드까지 경로를 설정했다면 패

킷을 멀티 홉으로 전송하기 위하여 선택한 경로 위에 있는 노드 중 다음 홉을 찾아서 전송해야 한다. PER는 패킷을 전송하는 노드와 패킷을 받는 두 노드 사이의 거리가 길수록 비례한다. 전송 범위 안의 목적지 노드에 가장 가까운 노드를 선정하게 된다면 PER가 높아서 네트워크 단절이 빈번히 발생하게 된다. 식 (3)을 이용하여 구한 최적 거리  $D_0$ 에 가까운 차량을 다음 홉으로 선택하면 end-to-end 홉 수를 최소화하면서 전송거리를 줄임으로써 PER를 줄일 수 있다.

- $m$  : 경로 전환이 있는 교차로 ( $0 \leq m \leq k$  ( $k \geq 1$ ))
- $D(m, m+1)$  :  $m$ 과  $m+1$  사이의 거리
- $R$  : 차량의 최대 전송 범위

$$D_o = \frac{D(m, m+1)}{\left\lfloor \frac{D(m, m+1)}{R} \right\rfloor} \quad (3)$$

$m$ 이 0이라면  $m$ 은 송신 노드를 의미하고,  $m$ 이  $k$ 라면  $m+1$ 은 목적지 노드를 의미한다.  $m$ 의 최초 값은 0이고 패킷이 경로전환이 있는 교차로 위를 carry 방식으로 이동해서 통과하거나 relay방식으로 통과하면  $m$ 을 1 증가시키고  $D_0$ 를 다시 계산한다.

모든 차량은 주기적인 비콘 메시지를 통하여 근처의 차량 위치와 속도 벡터를 알 수 있고 이를 neighbor table에 저장한다. 패킷을 전달할 노드는 neighbor table안의 노드들을 검색해서 앞으로 전송해야 할 경로 위의 노드를 검색한 후 그 노드들에 대하여 역 가중치  $W$ 를  $D_0$ 를 사용한 식 (4)를 이용해 구한 후 가장 작은 값을 가지는 노드를 다음 홉으로 선정한다.

- $A_{x,y}$  : 전송 노드의 좌표
- $B_{x,y}$  : 다음 홉 후보 노드들 중 하나의 좌표
- $V$  : 차량 속도
- $T_b$  : 비콘 주기 시간

$$W_{A,B} = |Dist(A_{x,y} + (V_A \times T_b / 2), B_{x,y} + (V_B \times T_b / 2)) - D_o| \quad (4)$$

비콘을 받은 후 지난 시간의 평균치인 비콘주기/2 후의 차량의 위치를 계산하여 A와 B 사이의 거리를 구한 다음 앞에서 구한 최적 거리인  $D_0$ 에 가장 가까운 차량을 구한다. 만약 목적지 노드가 neighbor table 안에 있고 거리가  $D_0$ 보다 작다면 곧바로 목적지 노드로 전송한다. 본 절에서 제안한 방식을 사용해 다음 홉을 선택함으로써 경로 위의 차량밀도가 충분히 클 때 end-to-end 전송 시 최소 홉 수로 전송할 수 있고, end-to-end PER를 줄일 수 있다.

### 2.3 교차로에서의 다음 홉 선택

차량이 패킷을 보낼 때 송신자 노드와 목적지 노드 사이에 건물이 있다면 신호세기가 급격히 감소하여 목적지 노드는 패킷을 받을 수 없다. [8]에서 실제 상황에서 VANET 환경을 테스트 한 결과를 보면, 건물을 가

로지른 위치에서 신호세기를 측정하게 되는 경우 거리가 가깝더라도 신호세기가 급격히 감소하거나 전혀 신호를 잡을 수 없는 것을 보여주고 있다. 하지만 주기적으로 주고받는 비콘 메시지는 multi-rate를 지원하는 경우 보통 가장 낮은 전송 속도로 보내고 비콘 패킷 크기가 데이터 패킷 크기보다 상대적으로 아주 작기 때문에 같은 신호 세기일 경우 데이터 패킷보다 PER가 작아 비콘 메시지는 받을 수 있어도 데이터 패킷은 받지 못하는 경우가 빈번히 발생한다.

본 절에서는 위의 문제를 해결하기 위해 전송할 데이터를 가지고 있는 차량이 경로 전환이 있는 교차로 근처로 다음 홉을 선정해야 하는 경우 건물에 방해 받지 않는 차량을 선택하고 다음 홉 후보 차량들의 위치와 이동 방향에 따라 우선순위를 두어 다음 홉으로 선정하는 알고리즘을 소개한다. 구체적인 알고리즘의 내용은 다음과 같다.

모든 차량은 GPS와 디지털 맵을 통해 교차로에 인접한 건물들의 꼭지점의 좌표와 교차로 한 가운데의 좌표를 알 수 있다. 그림 2에서 A, B, C, D의 좌표가 건물들의 꼭지점의 좌표이고, I의 좌표가 교차로 중심 좌표를 나타낸다. 그림 2에서  $x$ 축과  $y$ 축은 각각 동서 방향과 북남 방향으로 그린다. 구체적인 알고리즘은 아래 단계를 따르고 그림 2의 예를 들어 설명한다. 계산의 편의를 위해서 I 좌표를 영점으로 잡고 계산한다.

$x$ 축과  $R$ 사이의 각도  $\Theta_3$ 만큼 반 시계반대 방향으로 회전시키기 위해 식 (5)를 사용해 각도  $\Theta_3$ 을 구한다.

$$\Theta_3 = \arcsin \frac{|x_R - x_I|}{\sqrt{(x_R - x_I)^2 + (y_R - y_I)^2}} \quad (5)$$

식 (6)을 이용해 A, B, C, D, R의 좌표와 R의 모든 이웃 차량의 좌표를 I를 기준으로  $\Theta_3$ 만큼 반 시계 방향으로 회전 시킨다.

$$\begin{aligned} x' &= (x - x_I) \cos \Theta_3 - (y - y_I) \sin \Theta_3 \\ y' &= (x - x_I) \sin \Theta_3 + (y - y_I) \cos \Theta_3 \end{aligned} \quad (6)$$

그림 2의 차량 R은 교차로에서 경로의 방향이 남서 방향으로 바뀌기 때문에 건물에 영향을 받지 않고 경로 위의 차량 중 최대한 목적지 노드에 가까운 차량을 선택할 수 있는 범위를 구하기 위하여 H'의 좌표를 구한다. 차량 R은 H' 좌표를 구하기 위하여 각도 식 (7)을 이용해서  $\Theta_2$ 를 구한다.

$$\Theta_2 = \arctan \frac{|y_{R'} - y_{B'}|}{|x_{R'} - x_{B'}|} \quad (7)$$

구한  $\Theta_2$ 의 값을 사용하여 식 (8)에 대입하여 H'의  $y$ 좌표를 구한다. H'의  $x$ 축 좌표는 0이 된다.

$$y_{H'} = -x_{R'} \tan \Theta_2 \quad (8)$$

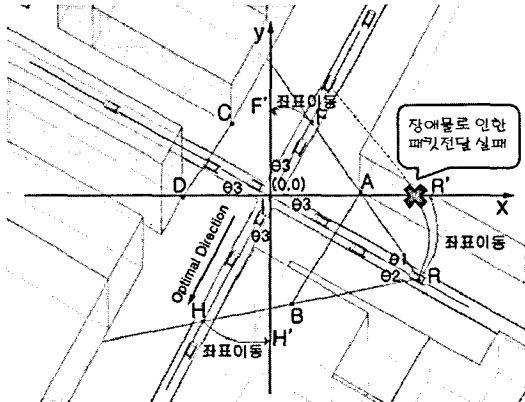


그림 2 교차로에서 경로의 방향전환이 있을 때 다음 홉 선택의 예

위에서 구한 변수들을 사용하여 아래의 단계를 통하여 가장 적합한 다음 홉을 차례대로 찾아나간다.

**Step1.** 경로 위의 차량 중 optimal direction인 남서 방향으로 이동하는 이웃 차량의 좌표  $y'$ 가  $y_H \leq y' \leq 0$ 인 차량들 중  $H'$ 에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 선정한다.

**Step2.** Step4의 조건을 만족하는 차량이 없다면 경로 위의 차량 중  $y_H \leq y' \leq 0$ 인 차량 중 방향에 상관없이  $H'$ 에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 선정한다.

**Step3.** Step1과 2의 조건을 만족하는 차량이 없다면 식(7)과 (8)에서  $y_H$  좌표를 구한 것과 마찬가지로  $y_F'$  좌표를 구하고  $0 \leq y' \leq y_F'$  중 optimal direction으로 이동하는 차량 중  $I$ 에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 지정하고 없다면 방향에 상관없이  $I$ 에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 선정한다.

**Step4.** Step1-3의 조건을 만족하는 차량이 없다면 이동방향이 교차로 방향으로 향하는 차량 중  $x'$ 가  $\max(x_C, x_D) \leq x' \leq \min(x_A, x_B)$ 인 차량 중  $I$ 에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 선정한다. 만약 해당 차량이 없다면 방향에 상관없이  $\max(x_C, x_D) \leq x' \leq \min(x_A, x_B)$ 인 차량 중에  $I$ 에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 선정한다. 이 범위 안의 차량이 패킷을 받았을 경우 다시 패킷을 전송할 때 건물 등의 영향을 받지 않고 optimal direction으로 전송할 수 있기 때문이다.

**Step5.** Step1-4의 조건을 만족하는 차량이 없다면 차량  $R$ 은 다음 홉 후보가 나타날 때까지 패킷을 carry 한다.

교차로에서 방향 전환이 있을 시, 위의 단계대로 다음 홉을 선택함으로써 네트워크가 단절되어 패킷이 전송 실패가 되는 경우를 가능한 방지할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 환경은 실제 뉴욕 Manhattan 지도를 참고하여 격자무늬의 가로 250m 세로 100m블록들이 늘어서 있는 전체 크기 2500m × 2500m의 지도를 사용하였다. 송신 노드와 목적지 노드 사이의 선택은 랜덤하게 송신자 노드를 선택 한 후 직선거리 1900m에서 2100m 사이에 있는 차량 중 랜덤하게 한 차량을 목적지 노드로 선택 하였다. 차량 밀도는 50-200 vehicle/km 범위로 10 단위로 증가하며 시뮬레이션을 하였다. 비교 알고리즘으로는 GPSR에 버퍼를 달아 carry-and-forward를 수행하도록 수정한 알고리즘(GPSRw/buffer)과 VADD 알고리즘을 시뮬레이션 하였다. GPSRw/buffer는 릴레이 노드보다 목적지에 더 가까운 노드가 없다면 적합한 다음 홉을 찾을 때까지 패킷을 carry한다. 시뮬레이션의 파라미터 값은 표 1과 같다. 시뮬레이션 결과는 500회의 평균을 낸 값이다.

그림 3은 송신 노드부터 목적지 노드까지 패킷을 전송할 때 차량 밀도에 대한 평균 end-to-end 지연시간을 보여준다. 모든 차량 밀도에 대하여 제안 알고리즘이 GPSR/w buffer 및 VADD보다 작은 e2e 지연시간을 보여준다. 차량 밀도가 낮을수록 상대적으로 GPSRw/buffer와 제안한 알고리즘의 성능 차이가 줄어드는 이유는 GPSRw/buffer 방식은 미리 지정한 경로로만 패킷을 보내는 것이 아니라 릴레이 노드보다 목적지 노드에 더 가까운 노드를 찾아 패킷을 보내기 때문이다.

그림 4는 송신 노드부터 목적지 노드까지 패킷을 전송할 때 차량 밀도에 대한 throughput을 보여준다. 차량 밀도가 높아질수록 제안한 알고리즘이 GPSRw/buffer 및 VADD보다 성능이 좋아지는 것을 볼 수 있다.

이는 차량 밀도가 높으면 제안한 알고리즘은 미리 정한 경로 위로 충분히 많은 차량이 있으므로 평균 한 홉 거리가 더 짧아지면서 홉당 평균 PER이 감소해 제안한 알고리즘이 더 높은 throughput을 얻게 된다. 반면에 GPSRw/buffer와 VADD는 차량 밀도가 많아질수록 다음 홉 선정 시 목적지 노드에 가장 가까운 차량을 선택

표 1 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
Simulation Area	2500 m × 2500 m
Number of Intersection	286
Number of vehicles	1000~20000 veh.
Maximum Transmission Range	220 m
Vehicle Velocity	9~22 mps
Data Packet Size	1000 byte
Channel Rate	11 Mbps
Beacon Interval	1 s
Beacon Interval	1 s

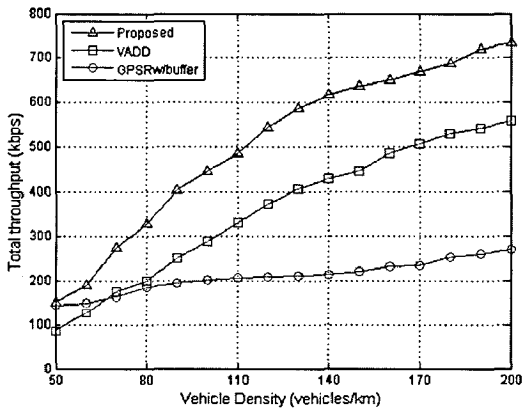


그림 3 차량 밀도에 따른 end to end 지연시간

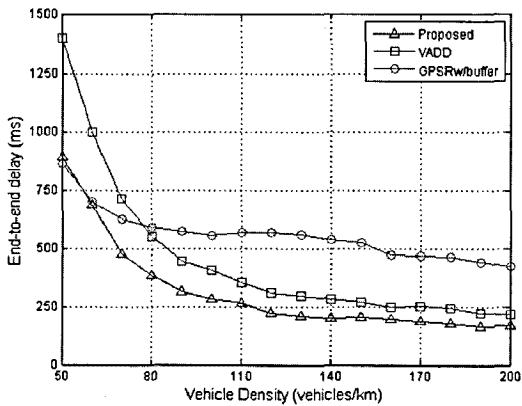


그림 4 차량 밀도에 따른 총 throughput

할 확률이 높아지기 때문에 PER이 높아지게 됨에 따라 제안한 알고리즘에 비하여 성능이 크게 향상되지 않는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는, 도시 환경에서의 차량 밀도 및 거리를 기반으로 한 경로 설정 알고리즘을 소개하였다. 또한 도시 환경에서 빌딩을 가로 질러서 전송할 때 신호 세기의 감소로 통신이 단절되는 경우를 방지하기 위한 교차로 근처에서 PER을 줄이는 다음 홉 선정 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션 결과는 제안 알고리즘이 GPSRw/buffer 및 VADD방식보다 지연시간 및 throughput 성능 측면에서 우수함을 보여주었다.

참고 문헌

[1] C. Lochert, H. Hartenstein, J. Tian, H. Füller, D. Hermann, and M. Mauve, "A routing strategy for vehicular ad hoc networks in city environments,"

*IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV 2003)*, pp.156-161, Jun. 2003.

[2] B. Karp and H.T. Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," *IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2000)*, pp.243-254, Aug. 2000.

[3] C. Lochert, M. Mauve, H. Füller, and H. Hartenstein "Geographic routing in city scenarios," *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol.9, no.1, pp.69-72, Jan. 2005.

[4] Z. Mo, H. Zhu, K. Makki, and N. Pissinou, "MURU: A Multi-Hop Routing protocol for urban vehicular ad hoc networks," *International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems (MobiQutous 2006)*, pp.1-8, Jul. 2006.

[5] V. Naumov and T. Gross, "Connectivity-aware Routing (CAR) in Vehicular Ad-hoc Networks," *IEEE International Conference on Computer (INFOCOM 2007)*, pp.1919-1927, May. 2007.

[6] J. Zhao and G. Cao, "VADD: Vehicle-Assisted Data Delivery in Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.57, no.3, pp.1910-1922, May. 2008.

[7] F.J. Martinez, J.C. Cano, Carlos T. C.T. Calafate, and P. Manzoni, "CityMob: a mobility model pattern generator for VANETs," *IEEE International Conference on Communications Workshop (ICC 2008)*, pp.370-374, May. 2008.

[8] A. Mahajan, N. Potnis, K. Gopalan and A. Wang, "Modeling VANET Deployment in Urban Settings" *International Workshop on Modeling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile System (MSWIN 2007)*, pp.151-158, Oct. 2007.



정 현 재  
2008년 홍익대학교 컴퓨터공학과 학사  
2010년 연세대학교 컴퓨터과학과 석사  
관심분야는 Vehicular Ad-hoc Network-  
ing, 802.11 WLAN



이 수 경  
2005년 9월~현재 연세대학교 컴퓨터과  
학과 교수. 관심분야는 이종망 통합,  
Mobility Management, Vehicular Network-  
ing