

# VANET환경에서 최적 경로 설정 기법

장녕, 김연, 김종완, 김기찬  
 건국대학교 컴퓨터공학과  
 e-mail: jinyan@konkuk.ac.kr

## Route Optimization Mechanism for VANET

Ning Zhang, Yan Jin, Jongwan Kim, Keecheon Kim  
 Dept of Computer Science, Konkuk University

### 요 약

GPSR은 차량간 ad hoc 네트워크에서 위치기반 라우팅을 위하여 개발된 알고리즘이다. GPSR에서의 라우팅은 Greedy Forwarding을 사용하지만 차량 밀도가 높은 VANET환경에서는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 본 논문에서는 새로운 프로토콜을 제안하였다. 본 논문에 제시된 기법은 밀도가 높은 환경과 밀도가 낮은 환경에서의 가중치를 설정하여 current node, next-hop node 그리고 destination node 간의 관계를 반영한 값들을 구하고 그 중에서 최소치 값을 가지는 next-hop을 선택한다. 특히 가중치를 기반으로 하면 차량이 밀집되거나 희박한 환경하에서 GPSR 보다 더 최적화된 경로를 찾아낸다. 성능평가는 수학적 모델과 네트워크 시뮬레이터인 NS를 이용하여 본 모델에 기반한 고속도로 시뮬레이션을 진행하였다. 결과적으로 볼 때, 본 논문에 제시된 기법은 시간 지연 측면에서 GPSR보다 나은 결과를 보여 주었다.

### 1. 서론

VANET은 MANET의 한 형태로 차량 간 통신 또는 차량과 노변 장치의 통신을 제공하는 네트워크를 말한다. VANET은 주로 충돌회피, 장애물 경고, 협업주행 등과 같이 운전자의 안전을 위한 기술과 데이터 전송과 음성, 영상 통화 등의 다양한 멀티미디어 서비스도 제공되고 있는 운전자의 편의를 위한 기술을 중심으로 발전하고 있다. 이러한 기술들을 위해서 고속의 이동성을 가진 노드 간에 신속한 데이터 전송 및 고 효율성의 라우팅 프로토콜이 필요하다. 본 논문에서는 주로 위치기반 라우팅의 대표적인 프로토콜인 GPSR를 최적화하는 라우팅 기법에 대해 다룬다.

### 2. 관련 연구

MANET 네트워크를 위한 많은 라우팅 프로토콜들이 제안되었으며 AODV, DSR과 같은 프로토콜은 직접 VANET에 적용되기도 한다. 하지만 이러한 프로토콜들은 이동 애드 혹 네트워크를 위해 디자인 된 것들로서 MANET의 특수 형태인 VANET에 적합하지 않는다. 기존의 프로토콜들을 VANET 환경에서 시뮬레이션을 진행해 본 결과, 차량의 고속 이동성과 다이내믹한 정보 교환, 그리고 토폴로지의 빠른 변화로 인한 성능 저하를 보여주었다[2][3][4][5][6]. 차량 간 통신 네트워크는 직관적으로 볼 때, 위치에 의존함을 알 수 있다. 현재 VANET 환경에서 위치기반 라우팅 프로토콜인 GPSR 라우팅 프로토콜이 많이 적용되고 있다. GPSR은 Greedy Forwarding이

란 기법을 사용하는데 대체로 자신이 전송할 수 있는 노드들 중에서 목적지 노드에 가장 가까운 노드에게 전달하는 알고리즘이다. GPSR은 위치기반 라우팅 프로토콜로서 고속도로 이동 모델에서 DSR과 비교했을 때 보다 우수한 성능을 보여주었다[1][2][3]. 이는 위치 기반 라우팅 프로토콜이 VANET 환경에서 더 적합하다는 것을 설명한다. 하지만 맨하탄 이동 모델에서는 고층건물이나 가로수 같은 장애물, 노드의 고밀도 분포 등 원인으로 하여 최적 경로 선택에 실패하는 문제점을 가지게 된다.

### 3. GPSR 최적 경로 설정 기법

본 논문에서 제시된 기법은 다음의 원칙에 따른다.

- 1) 서로 통신을 진행하기 전에 먼저 location 서비스 센터에 destination node에 대한 위치정보를 요청한다.
- 2) Cache-carry 매커니즘을 적용함으로써 라우팅 경로를 유지할 필요가 없다.
- 3) 다음 홉은 단지 인근 노드 또는 one hop의 범위 내에서 선택하도록 제한한다.

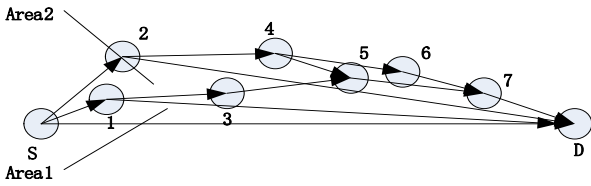
노드 밀도가 높을 때와 낮을 때의 두 가지 경우에 다 적용할 수 있도록 하기 위하여 다음의 integrated function을 이용하여 next hop을 선택하도록 한다.

식에서 A는 greedy 부분을 표시하는 변수로서 두 노드 사이의 거리 값을 표시하고  $k_1$ 은 가중치를 표시한다. B는 최적경로의 상태를 표시하는 변수로서 세 노드로 이어진 평면의 면적을 표시하고 따라서  $k_2$ 는 그 가중치를 표시한다.

$$V = k_1 A + k_2 B$$

A는 두 점사이의 거리 공식에 의해 구해진다.

$$A = f(d) = d = \sqrt{(x_D - x)^2 + (y_D - y)^2}$$



(그림 1) 최적 라우팅 경로의 삼각형 면적

Heron 공식을 이용하여 B를 구한다. 노드 S의 좌표  $(x_s, y_s)$ , 노드 1의 좌표  $(x_1, y_1)$ , 노드 D의 좌표  $(x_D, y_D)$ 라면,

$$\Delta = \sqrt{N \times (N-a) \times (N-b) \times (N-c)}$$

$$a = |S1| = \sqrt{(x_1 - x_s)^2 + (y_1 - y_s)^2}$$

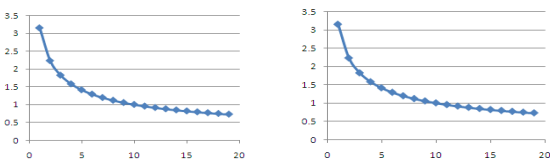
$$b = |1D| = \sqrt{(x_D - x_1)^2 + (y_D - y_1)^2}$$

$$c = |SD| = \sqrt{(x_D - x_s)^2 + (y_D - y_s)^2}$$

$$N = \frac{a+b+c}{2}$$

가중치  $k_1$ 과  $k_2$ 는 도로 환경의 차량 밀도에 의해 결정된다. 기본적으로 밀도가 높은 환경에선  $k_1$ 가 작고  $k_2$ 가 크게 설정해 주고 반대로 밀도가 작은 환경에선  $k_1$ 가 크고  $k_2$ 가 작게 설정해 준다. 그리고 상호 대칭성 관계도 만족하여야 하기에 본 논문에서는 서로 반비례 관계를 가지는 함수를 제시하여 이 두 가중치의 값을 정하였다.

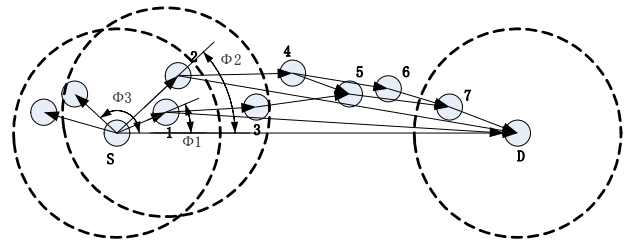
$$k_1 = f_1(k) = k^{\frac{1}{2}}, \quad k_2 = f_2(k) = k^{-\frac{1}{2}}$$



(그림 2) (a)  $k_1 = f_1(k) = k^{\frac{1}{2}}$  (b)  $k_2 = f_2(k) = k^{-\frac{1}{2}}$

이 가중치를 integrated function에 대입하여 다음의 식을 얻는다.

$$V = k^{\frac{1}{2}} d + k^{-\frac{1}{2}} \Delta$$



(그림 3) The angel between the vectors

더욱 효율적인 라우팅을 위해 다음 홉을 선택함에 있어서 source node에서 destination node사이에 있는 노드만을 선택한다. 즉 source node로부터 시작되는 벡터들과

$\vec{SD}$  사이에 끼인 각들을 계산하여 90°보다 작은 각을 이루는 노드들만 next hop으로 비교될 수 있다. 그림 5에서  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$ 의 각은 다음과 같이 구해진다.

$$\Phi_1 = \cos^{-1} \frac{\vec{S1} \cdot \vec{SD}}{|\vec{S1}| |\vec{SD}|} = \cos^{-1} \frac{(x_1 - x_s)(x_D - x_s) + (y_1 - y_s)(y_D - y_s)}{\sqrt{(x_1 - x_s)^2 + (y_1 - y_s)^2} \sqrt{(x_D - x_s)^2 + (y_D - y_s)^2}}$$

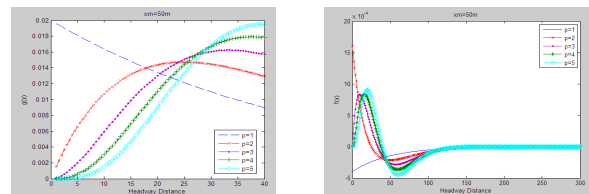
#### 4. 시뮬레이션

제안된 기법의 성능은 주로 패킷 전송 지연 시간을 타겟으로 평가를 진행하였다.

##### 4.1 지연시간 수학적 모델

지연 시간은 인접하여 있는 one hop 노드들 사이의 거리와 source node와 destination node 사이에 있는 중간 노드의 개수에 의해 결정된다.

경험으로 실제 환경에서 차량이 자유로이 주행하는 차량 간 거리는 exponential distribution으로 모델링하였다. 한 차량의 주행이 다른 차량의 영향을 받는다고 할 때 즉 차량 간에 서로 연관성이 부과되면 차량 간 거리는 Erlang 분포로 모델링 하게 된다. 본 논문에서는 고속도로 환경에서 차량들 간에 Erlang 분포에 따른 모델링을 채택하였다. 차량 간 거리 x의 수학적 모델은 다음과 같다.



(그림 4) 부동한 p에 의한 Erlang 분포 비교

$$g(x) = \frac{(p\lambda)^p x^{p-1} \exp(-\lambda px)}{(p-1)!}$$

$$g'(x) = \frac{(p\lambda)^p}{(p-1)!} [(p-1)x^{p-2} - p\lambda x^{p-1}] e^{-\lambda px}$$

$\lambda$ 는 차량 간 연관도를 나타내는 파라미터로서 다음의

식에 의해 결정된다.

$$\lambda = \frac{1}{x_m}$$

$x_m$ 은 차량 간 평균 거리이다.  $p=1$ 일 때 Erlang 분포는 exponential 분포로 전환된다.  $x_m$ 을 50으로 설정했을 때 matlab을 통해 얻은 Erlang 분포 그래프는 그림 4에서 보여주는 바와 같다.

Source node에서 destination node까지 가는데 총 지연 시간은 다음과 같다.

$$t = k \sum_{i=1}^n \int_0^{R_{max}} m_{av}(L, r) dr \frac{r_i \int_0^{R_{max}} f(r) dr}{d_{av}}, \quad k = \frac{1}{v}$$

여기서  $R_{max}$ 는 최대 포워딩 거리를 표시하고  $d_{av}$ 는 평균 거리를 말한다.  $n$ 은 source node에서 destination node까지 가는데 필요한 총 홉수이다.  $m_{av}$ 는 평균 재전송 횟수를 말한다.

보다 실제와 가까운 환경을 반영하기 위해서  $\frac{d_{sd} + Q(r)}{d_{av}}$  라는 가중치를 도입하여 총 지연시간을 다음과 같이 변형시켰다.

$$T = k \frac{d_{sd} + Q(r)}{d_{av}} \int_0^{R_{max}} f(r) dr \int_0^{R_{max}} m_{av}(L, r) dr$$

$d_{sd}$ 는 source node에서 destination node까지의 직선거리이고  $Q(r)$ 은 실제 거리와 직선 거리의 상사도를 나타내는 함수이다.  $Q(r)$ 은 다음의 식으로 구해진다.

$$Q(r) = \frac{d_{sd}}{d_{av}} \sqrt{D(r)} = \frac{d_{sd}}{d_{av}} \sqrt{E\{[r - E(r)]^2\}} = \frac{d_{sd}}{d_{av}} \sqrt{\int_0^{R_{max}} (r - d_{av})^2 f(r) dr}$$

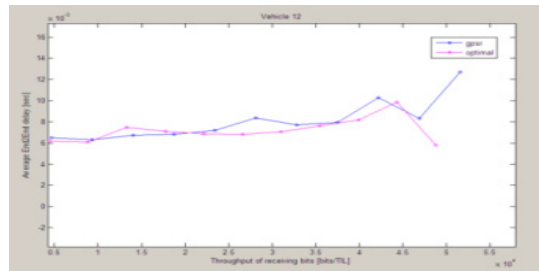
### 4.2 NS 시뮬레이션

수학적 모델에 의해 고속도로 시뮬레이션 환경을 구축하였다. 시뮬레이션 환경은 3000\*20m<sup>2</sup>의 2차선 도로로 설정하였고 전파 반지름은 250m, 차량 대수는 50, 시뮬레이션 시간은 180초로 설정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

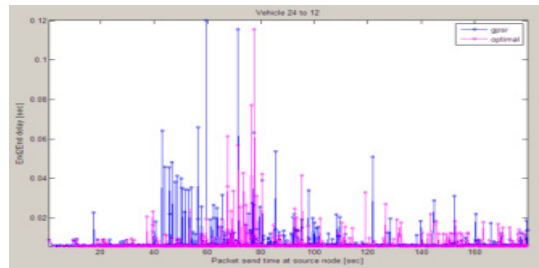
패킷 전송 지연을 시뮬레이션하기 위한 시나리오와 관련된 파라미터를 다음 표에 표시하였다.

<표 1> 시뮬레이션 시나리오 관련 파라미터

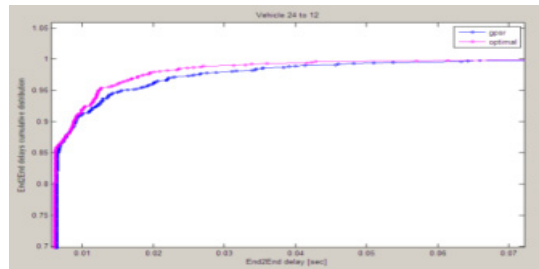
	Source	Destination
노드 개수	24	12
초기 위치	(333.0, 6.0)	(5.0, 5.0)
최종 위치	(2100.444, 6.7)	(2400, 5.7)
속도	15.8m/s	12m/s
차선 개수	1	1
전송 시간	79.848s	



(그림 5) throughput vs 지연 시간



(그림 6) 패킷 전송 시간 vs 지연 시간



(그림 7) 총 지연 시간 vs 지연 시간

그림 5, 그림 6, 그리고 7에서 보여주듯이 제안한 기법은 시간 지연성 면에서 GPSR보다 좋은 성능을 보여주었지만 그 차이가 아주 미세함을 알 수 있다. 이는 integrated function의 가중치 설정과 관계된다. 본 논문에서 설정한 가중치는 VANET의 실제 환경을 제대로 반영하지 못했기에 우수한 시뮬레이션 결과를 반영하지 못했다. 향후 과제는 실제 환경을 보다 잘 반영할 수 있는 가중치 함수를 설정하는 연구를 진행할 것이다.

### 5. 결론

본 논문은 GPSR 라우팅 프로토콜의 greedy 부분 라우팅에 대한 최적 경로 설정 기법을 제안하였다. 제안된 기법의 기본 내용은 greedy 부분을 반영하는 경로 거리와 최적화 부분을 반영하는 세 노드(source node, destination node and relay node)로 이루어진 삼각형의 면적과 그리고 노드의 밀도에 의한 실제 환경을 반영하는 가중치 함수 설정을 통해 integrated function 함수를 구현하고, 따라서 integrated function이 최소화 값을 가지는 인접 노드를 next hop 노드로 선택되는 것이다. 제안된 기법의 성능을 평가하기 위해, 우선 패킷 전송과 전송시간 지연을 위한 수학적 모델을 설계하였고 MATLAB를 이용하여 분

석을 진행하였다. 이 수학적 모델에 기초하여 NS 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 고속도로 환경을 시뮬레이션하여 GPSR과 제안된 기법의 패킷 전송 지연시간에 대해 비교하였고 제안된 기법이 전송 지연 면에서 GPSR보다 좋은 성능을 보여주었음을 증명하였다.

### 참고문헌

- [1] C.Lochert, H. Hartenstein, J.Tian, D. Herrmann, H. Füßler, and M. Mauve, "A routing strategy for vehicular ad hoc networks in city environments," in Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2003).
- [2] G. Liu, B.-S. Lee, B.-C. Seet, C.H. Foh, K.J. Wong, and K.-K. Lee, "A routing strategy for metropolis vehicular communications," in International Conference on Information Networking (ICOIN), pp. 134 - 143, 2004.
- [3] H. Füßler, M. Mauve, H. Hartenstein, M. Kasemann, and D. Vollmer, "Locationbased routing for vehicular ad-hoc networks," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (MC2R), vol. 7, no. 1, pp. 47 - 49, Jan. 2003.
- [4] R.A. Santos, A. Edwards, R. Edwards, and L. Seed, "Performance evaluation of routing protocols in vehicular ad hoc networks," The International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, vol. 1, no. 1/2, pp. 80 - 91, 2005.
- [5] S.Y. Wang, C.C. Lin, Y.W. Hwang, K.C. Tao, and C.L. Chou, "A practical routing protocol for vehicle-formed mobile ad hoc networks on the roads," in Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 161 - 165, 2005.
- [6] V. Nambodiri, M. Agarwal, and L. Gao, "A study on the feasibility of mobile gateways for vehicular ad-hoc networks," in Proceedings of the First International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks, pp. 66 - 75, 2004.