

VANET의 90°커브상에서의 다음 홉 선택 방안

조선미, 이미정
이화여자대학교 컴퓨터공학과
e-mail : sunmi.jo@ewhain.net, lmj@ewha.ac.kr

Next-hop selection on a 90° curve in VANET

Sun-Mi Jo, Mee-jeong Lee
Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

요 약

VANET(Vehicle Ad hoc NETwork)에서는 차량들이 불규칙한 움직임과 빠른 이동성을 가진다. 이러한 VANET의 특성 때문에 메시지를 목적지까지 올바르게 전송하기 위해 전송 차량의 다음 홉 선택은 매우 중요하다. 본 논문에서는 기존에 직선도로나 교차로에서 사용되는 메시지 전송 프로토콜로는 90°커브에서 메시지 전송 실패를 가져올 수 있는 경우에 대해 기술하고, 이를 해결하기 위해 커브에서 중앙선을 기준으로 전송 차량이 있는 도로와 그 반대편 도로의 범위를 구하여 전송 차량이 다음 홉 선택 시 자신과 동일한 도로에 위치한 차량만 고려하도록 함으로써 신뢰성 있는 다음 홉 선택이 이루어지도록 하는 방안을 제안한다.

1. 서론

VANET(Vehicle Ad hoc NETwork)에서는 다양한 특성들[1]이 있지만 그 중에서도 차량들의 움직임, 이동성과 같은 특성은 메시지를 목적지까지 신뢰성 있게 전송하기 위해 반드시 고려되어야 한다. 이에 VANET 환경에 적합한 라우팅 프로토콜들이 제안되고 있으며 관련 연구가 활발히 이루어지고 있다.

애드 혹 네트워크 기반의 라우팅 프로토콜은 토폴로지 기반 라우팅과 위치 기반 라우팅 두 카테고리로 분류할 수 있는데[2], 위치 기반 라우팅은 차량의 움직임을 예측함으로써 토폴로지 기반 라우팅 보다 VANET 환경에 더 적합하다. 현재 GPS(global positioning system)를 사용하는 차량 네비게이션 시스템이 보편적으로 사용되고 있으므로 위치 기반 라우팅은 VANET에서 유용한 방식이다. 그런데 위치 기반 라우팅 프로토콜에서 신뢰성 있는 메시지 전송을 위해서는 다음 홉 선택이 매우 중요하다[3].

지금까지 VANET을 위한 다양한 위치기반 라우팅 프로토콜들이 제안되어 왔는데, 대부분이 직선 도로나 교차로 시나리오에서 메시지 전송을 다루고 있다. 하지만 이들은 다음 홉 선택 시 문제를 발생시킬 수 있다. 예를 들어 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing)[4]에서는 그리드 방식을 통해 다음 홉을 선택하는데, 실제 도로에는 차량들이 균일하게 분포되어 있지 않고 건물 등으로 인한 신호 차단 때문에 적절한 다음 홉을 선택하지 못하는 경우 오른손 규칙을 적용한다. 이 때 홉이 루프에 빠지거나 잘못된 방향으로 전달이 진행되는 문제가 발생할 수 있는데 이로 인해 높은 지연과 데이터 손실을 가져올 수 있다.

GPCR(Greedy Perimeter Coordinator Routing)[5]은 교차로까지 제한된 그리드 포워딩을 함으로써 GPSR에 비해 메시지가 잘못된 방향으로 전달이 진행되거나 국부적 최적값에 교착되는 문제를 개선한다. 그러나 교차로에 있는 코디네이터가 오른손 규칙을 적용하여 다음 홉을 선택할 경우 GPCR은 도로의 방향을 식별하기 위한 정보를 사용하지 않기 때문에 오른손 규칙을 적용하여 선택한 다음 홉이 전송 차량과 같은 도로에 있는 차량을 선택하게 되어 여전히 국부적 최적값에 교착된 상황을 벗어나지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 이 외에 GPSRJ+(Greedy Perimeter Stateless Routing Junction+), DGRP(Directional greedy routing protocol) 등의 라우팅 프로토콜들이 제안되었지만 이들 또한 나름대로의 문제점을 가지고 있다.

특히 이들 프로토콜들은 커브도로에 적용할 경우 다음 홉을 적절하게 선택하지 못할 수 있다. 커브도로에서는 커브를 돌기 전의 도로에 있는 차량의 이동 방향과 커브를 돌고 난 후의 도로에 있는 차량의 이동 방향이 달라지게 된다. 이럴 경우, 동일한 도로에 위치하고 동일한 목적지를 향해 가고 있지만 커브를 돌고 난 후의 도로에 있는 차량은 커브를 돌기 전의 차량과 이동 방향이 다르다고 판단되어 다음 홉 선택 후보에서 제외되고, 목적지와 반대 방향으로 이동하는 차량이 다음 홉 선택 후보로 고려되는 일이 발생할 수 있다. [6]에서는 이러한 문제들을 방지하기 위

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음” (NIPA-2010-(C1090-1011-0013))

해 커브를 돌고 난 후의 도로에서 신뢰성 있는 메시지 전송을 위한 다음 홉 선택 방안을 제안하였다. 그러나 90° 커브 도로와 같이 커브 범위가 넓은 경우 커브 내에서 다음 홉 선택이 일어날 수 있으므로 이에 대한 해결책도 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1 장의 서론에 이어 2 장에서는 커브도로에서 기존의 위치 기반 라우팅 프로토콜을 사용 할 경우 잘못된 다음 홉 선택이 일어나는 상황에 대해 기술하고 3 장에서는 90°커브에서 중앙선을 기준으로 두 도로 범위를 계산하여 정확한 다음 홉 선택을 할 수 있는 방안을 설명한다. 마지막으로 4 장에서는 결론 및 향후 계획에 대해 설명한다.

2. 커브 도로에서 다음 홉 선택 시 문제가 발생하는 경우

일반적으로 도로는 직선도로, 교차로, 커브 도로 세 가지로 구분할 수 있다. 각 도로에서 발생할 수 있는 문제들을 언급한 후 커브도로에서 다음 홉 선택 시 발생하는 문제에 대하여 생각해 보겠다.

1) 직선 도로

직선 도로에서는 다음 홉 선택이 상대적으로 간단하게 이루어진다. 도로 위에서 차량의 방향을 목적지 방향과 동일한 방향의 차량이거나 반대 방향의 차량으로 구분한다. 이 두 가지 경우만 고려하면 되기 때문에 목적지까지의 신속한 메시지 전송을 위해서 그리디 포워딩을 주로 사용한다. 그리디 포워딩은 원홉 안의 이웃 차량들 중에서 목적지에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 선택함으로써 신속한 전송을 가능하게 하고 전송 오버헤드를 줄일 수 있다. 하지만 이러한 단순한 그리디 포워딩은 여러 방향의 도로가 존재하는 교차로나 차량의 방향이 바뀌는 커브에서는 적절한 다음 홉 선택을 하지 못하는 경우가 많다.

2) 교차로

직선 도로가 아닌 교차로에의 그리디 포워딩 사용은 루프에 빠지거나 국부적 최적값에 교착되는 문제를 유발 할 수 있다. 예를 들어 GPSR(Greedy Perimeter Stateless Routing) 라우팅이나 GPCR(Greedy Perimeter Coordinator Routing) 라우팅 등을 들 수 있다. GPSR 에서 전송 차량은 그리디 포워딩을 통해 목적지에 가장 가까운 차량을 다음 홉으로 선택하는데, 이 때 자기 자신이 전송 범위 내의 차량들 중에서 목적지에 가장 가까울 경우 자신의 주변에 있는 차량을 다음 홉으로 선택하기 위해 오른손 규칙이 사용되고 이는 루프에 빠지거나 잘못된 방향으로 전달이 진행되는 문제가 발생할 수 있다. GPCR 은 그리디 포워딩 시 발생할 수 있는 국부적 최적값에 교착되는 문제를 해결하기 위해 전송 차량이 자신의 이동 방향에 교차로가 위치하고 있으면 먼저 교차로 범위 내에 있는 코디네이터에게 메시지를 전달한다. 그 후 모드 전환을 한 뒤 교차로 범위 내에 존재하는 차량들 중

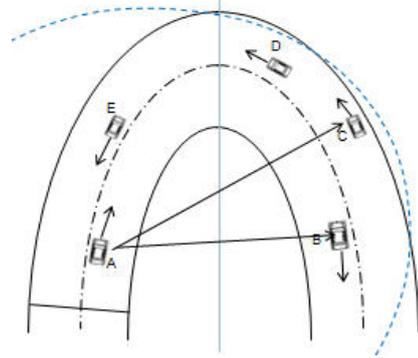
에서 목적지가 있는 위치로 향하는 도로 방향을 갖는 차량을 다음 홉으로 선택한다. 하지만 이 또한 전송 차량의 전송 범위 내에 하나의 후보 차량만 뒤쪽에 있을 경우 그 차량이 선택되어 다음 홉 선택 시 메시지를 받았던 차량이 다시 다음 홉으로 선택되는 문제를 유발할 수 있다. 그리고 이들은 모두 커브 도로에서는 아래 3)에서 설명하는 바와 같이 잘못된 방향으로 향하는 차량을 다음 홉으로 선택하는 문제를 발생시킬 수 있다.

3) 커브 도로

커브도로는 직선 도로나 교차로와는 또 다른 측면으로 다음 홉 선택에 있어서 차량의 위치와 방향이 고려되어야 한다. 커브 도로에는 뽀족한 커브와 상대적으로 부드러운 90°커브 도로가 있는데 각 커브도로에 대해 살펴 봄으로써 발생할 수 있는 문제에 대해 생각해 보겠다.

3-1) 뽀족한 커브 도로

그림 1 에서, 예를 들어 차량 A 가 전송 차량이고 목적지 방향으로 가고 있다고 하자. 이 때, 차량 A 의 전송 범위가 도로 전체를 포함 한다고 하면(점선으로 표시한 구간) 차량 A 와 B 는 동일 차선에 있지만 차량 A 는 차량 B 를 목적지와 다른 방향으로 판단하게 되고 반대 차선에 있는 차량 C 를 자신과 동일한 목적지로 향하는 방향으로 판단하게 된다. 이럴 경우 A 는 C 를 다음 홉으로 선택하게 되어 결국엔 목적지와 멀어지게 된다. 따라서, A 와 B 가 동일한 차선임을 판단할 수 있도록 하는 방법이 필요하다. 그러기 위해서 [6]에서는 도로폭을 고려하는 방안을 제안하였다. 즉, 전송 차량 A 를 기준으로 도로폭 보다 먼 거리에 위치한 차량은 커브의 반대 편 도로에 있다고 판단하고, 차량 A 의 방향과 반대 방향이 동일한 차선에 있는 차량으로 본다.

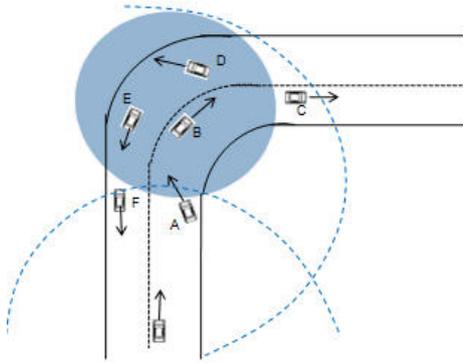


<그림 1> 뽀족한 커브도로

3-2) 90° 커브 도로

커브를 돌기 전의 도로와 커브를 돌고 난 후의 도로가 거의 나란한 뽀족한 커브 도로에서는 커브에서 다음 홉 선택이 이루어지는 경우가 드물기 때문에 커브 범위 내에서의 다음 홉 선택에 대한 고려가 필요하지 않다. 그러나 뽀족한 커브 도로와는 달리 90°커브에서는 커브를 돌기까지의 커브 범위가 상당히 크

기 때문에 90° 커브 범위 안에서 잘못된 다음 홉 선택이 이루어질 수 있다. 예를 들어 그림 2를 보면 목적지로 향하는 전송 차량이 A라고 했을 때, 차량 A는 자신의 전송 범위 내에서 동일한 방향을 향하는 차량 D를 선택하게 된다. 이 경우, 차량 D는 차량 A와는 반대 차선에 있으므로 결국 목적지에서 멀어지는 결과를 보인다. 이와 같이 커브 범위가 큰 경우 커브 범위 내에서 발생할 수 있는 문제를 해결하기 위한 방안이 필요하다. 이에 본 논문에서는 이와 같은 90° 커브에서 발생할 수 있는 문제에 대한 해결 방안을 다음 3장에서 설명한다.



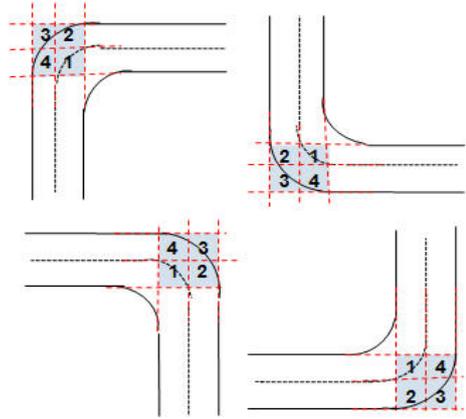
<그림 2> 90° 커브도로

3. 90° 커브 범위 내에서의 다음 홉 선택 방안

90° 커브에서 정확하게 다음 홉을 제대로 선택하기 위해서 커브 범위를 중앙선을 두고 전송 차량이 있는 도로와 아닌 도로로 구분하고 이 구분한 각각의 도로의 넓이를 구하여 차량의 위치가 어느 범위에 속하는지에 따라 방향을 판단한다. 이렇게 함으로써 전송 차량과 동일한 도로 위에 있고 목적지 방향으로 향하는 차량을 다음 홉으로 적절하게 선택하는 방법을 제안한다.

1) 전송 차량이 있는 도로(안쪽 도로)와 아닌 도로(바깥쪽 도로)구분

90° 커브 도로는 그림 3과 같이 네 가지로 구분할 수 있는데, 이 네 가지 경우 모두에 동일한 방법을 적용할 수 있으므로 첫 번째 커브 그림을 가지고 제안 방안을 설명하기로 한다. 그림 3에서와 같이 각 도로의 경계와 중앙선에서 연장선을 그으면(점선) 4개의 사각형으로 커브 범위가 구분된다. 이 범위에 제 4 사분면을 적용하여 커브의 안쪽을 1 사분면으로 정하고, 반시계 방향으로 2,3,4 사분면을 정한다.(나머지 3 종류의 90° 커브 도로에서도 마찬가지로 적용할 수 있다.) 그러면 1 사분면에서 부채꼴 넓이 범위와 그 아래쪽으로 이루어진 범위(어긋 빗금친 범위와 수직 빗금친 범위)가 커브에서의 안쪽 도로의 넓이가 되고, 1,2,3,4 사분면의 부채꼴에서 1 사분면의 부채꼴을 제한 범위(수평 빗금친 범위)가 바깥쪽 도로의 넓이가 됨을 알 수 있다.



<그림 3> 4 가지 90° 커브 도로

2) 각 도로의 넓이 계산

모든 차량은 GPS를 갖추고 있고 digital map을 통해 도로와 차량의 위치 좌표 정보를 얻을 수 있다고 가정한다.

- 전체 도로의 폭 : R
- 중앙선을 기준으로 한 각 방향 별 도로의 폭 : R/2
- 차량의 위치 좌표 : V(x,y)
- 좌표 O(a,b) : 1 사분면의 기준 좌표

◆ 안쪽 도로 넓이(S_{in})

: 중앙선 안쪽 도로는 좌표 O(a,b)를 기준으로 다시 위, 아래 두 범위로 나뉘 볼 수 있고, 각 범위의 넓이를 아래와 같이 구할 수 있다.

- 좌표 O(a,b) 위쪽 범위의 넓이(S_1)

그림 4에서 좌표 O(a,b) 위쪽의 부채꼴 넓이(어긋 빗금친 범위)

$$S_1 = 3.14 \times \left(\frac{R}{2}\right)^2 \times \frac{1}{4}$$

- 좌표 O(a,b) 아래쪽 범위의 넓이(S_2)

그림 4에서 좌표 O(a,b)의 아래쪽의 넓이(수직 빗금친 범위)

$$S_2 = \left(\frac{R}{2}\right)^2 - S_1$$

따라서 중앙선 안쪽 도로의 넓이 $S_{in} = S_1 + S_2$ 이 된다.

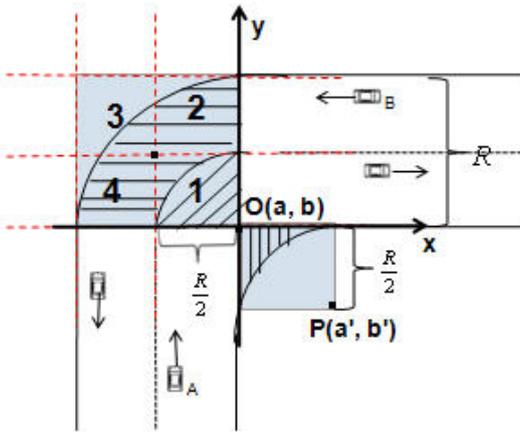
◆ 바깥쪽 도로 넓이(S_{out})

바깥쪽 도로의 넓이 S_{out} 은 그림 4에서 좌표 O(a,b)를 기준으로 x 축으로 -R 만큼, y 축으로 R 만큼 움직여 이루어지는 부채꼴의 넓이에서 S_1 을 뺀

넓이(수평 빗금친 범위)가 된다.

$$S_{out} = \left\{ 3.14 \times (R)^2 \times \frac{1}{4} \right\} - S_1$$

이와 같이 기술한 등식으로 커브에서의 중앙선의 안쪽 도로와 바깥쪽 도로를 구분하고 각 도로의 넓이를 구할 수 있다.



<그림 4> 90° 커브 도로의 각 도로 구분

3) 다음 홉 선택

2)에서 제안한 방법으로 커브에서의 각 도로의 넓이를 구한 것을 바탕으로 전송 차량은 아래 제시하는 방식으로 다음 홉 차량을 선택한다.

- 차량의 위치 좌표 $V(x, y)$, 기준 좌표 $O(a, b)$

◆ 차량이 안쪽 도로 내에 위치하는 경우

$$\left(a - \frac{R}{2} < x < a \right) \&\& \left(b < y < b + \frac{R}{2} \right) \text{ 이고}$$

위쪽 범위(어긋 빗금친 범위) 안에 포함되거나

$$\left(a < x < a + \frac{R}{2} \right) \&\& \left(b - \frac{R}{2} < y < b \right) \text{ 이고}$$

아래쪽 범위(수직 빗금친 범위)에 포함되는 경우

차량의 좌표 $V(x,y)$ 가 기준 좌표 $O(a,b)$ 로부터 $R/2$ 이내의 거리에 있을 때 $V(x,y)$ 에 위치한 차량은 위쪽 범위 내에 위치하고, 좌표 $V(x,y)$ 인 차량이 좌표 $P(a',b')$ 로부터 $R/2$ 보다 먼 거리에 있을 때 아래쪽 범위에 위치함을 알 수 있다.

◆ 차량이 바깥쪽 도로 내에 위치하는 경우

$$\left(a - R < x < a \right) \&\& \left(b < y < b + R \right) \text{ 이고}$$

바깥 도로 범위(수평 빗금친 범위) 안에 포함되는 경우

차량의 좌표 $V(x,y)$ 가 기준 좌표 $O(a,b)$ 로부터 $R/2$ 보다는 먼 거리에 있고 R 보다는 짧은 거리에 있을 때 $V(x,y)$ 에 위치한 차량은 바깥쪽 도로 내에 위치함

을 알 수 있다.

이와 같이 커브를 중앙선의 안쪽 도로와 바깥쪽 도로로 구분하고, 각각의 도로 범위를 구함으로써 전송 차량은 동일한 방향의 도로 위에 존재하는 차량을 판단하여 다음 홉을 선택 할 수 있기 때문에 커브 범위 내에서도 루프에 빠지거나 국부적 최적값에 교착되는 등의 기존의 문제들을 방지할 수 있다. 그림 4 에서 전송 차량이 A 인 경우에는 90°커브에서 안쪽 도로(어긋 빗금친 범위나 수직 빗금친 범위) 내에 있는 차량을 다음 홉으로 선택하고, 전송 차량이 B 인 경우에는 바깥쪽 도로(수평 빗금친 범위) 내에 있는 차량을 다음 홉으로 선택한다. 이렇게 함으로써 다음 홉 선택 시 목적지와 다른 방향으로 향하는 차량을 다음 홉 후보에서 제외하여 메시지 전송 실패율을 줄일 수 있다.

4. 결론 및 향후 계획

이 논문에서는 기존에 직선도로나 교차로에서 사용되는 프로토콜로는 커브도로에서 다음 홉 선택 시 메시지 전송 실패를 가져올 수 있는 경우를 설명하고, 이를 해결하기 위해 커브를 중앙선 안쪽 도로와 바깥쪽 도로로 구분하여 각 도로의 범위를 구함으로써 이를 바탕으로 90° 커브 범위에서 다음 홉 차량을 선택하는 방안을 제안하였다.

추후, 제안한 방안이 전송 차량이 신뢰성 있게 다음 홉을 선택함으로써 메시지 전송 실패율을 줄일 수 있는지를 평가하기 위해 OPNET 시뮬레이터를 이용하여 성능평가를 할 계획이다.

참고문헌

- [1] Jiayu Gong, Cheng-Zhong Xu, and James Holle "Predictive Directional Greedy Routing in Vehicular Ad hoc Networks", Distributed Computing Systems Workshops(ICDCSW) 2007
- [2] Yan-Bo Wang et all. "A Novel Geographic Routing Strategy over VANET", Advanced Information Networking and Applications workshops(WAINA) 2010
- [3] Okada, H.; Takano, A.; Mase, K.; "A Proposal of Link Metric for Next-Hop Forwarding Methods in Vehicular Ad Hoc Networks", Consumer Communications and Networking Conference(CCNC) 2009
- [4] Brad Karp, H.T.Kung, "GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks", ICMCN 2000
- [5] Christian Lochert et all. "Geographic Routing in City Scenarios", MOBICOM 2004
- [6] Daxin Tian et all, "Position-based Directional Vehicular Routing", GLOBECOM 2009