

도시 차량 애드 혹 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜

윤요한, 김명철

한국과학기술원

straightfor@kaist.ac.kr, mck@kaist.ac.kr

A Routing Protocol for Urban Vehicular Ad Hoc Networks

Yohaon Yoon, Myungchul Kim

Korea Advanced Institute of Science and Technology

요 약

무선 네트워크를 이용한 서비스가 보편화됨에 따라 차량을 통한 네트워크 역시 그 기술의 중요성이 부각되고 있다. 각 차량을 통신 주체로 하는 VANET은 라우팅 프로토콜이 통신의 중요한 요소이지만, MANET 라우팅 프로토콜에 비하여 그 연구가 미비하다. 본 연구에서는 VANET의 상황을 고려하여 ant colony optimization 휴리스틱 알고리즘의 흔적을 이용하는 기법을 통해서 VANET 라우팅 프로토콜을 제안하고자 한다. 또한 이를 검증하기 위해 VANET의 시뮬레이션 방법에 대해서 알아보고 이를 통해서 제안한 라우팅 프로토콜이 패킷 전송률, 제어 패킷의 수의 메트릭에서 더 나은 성능임을 보인다.

1. 서 론

무선 통신 기술 발달로 말미암아 차량 정보화 관심도 증가하고 있다. 미래인터넷 역시 차량 정보화에 많은 관심을 보이며 다양한 Intelligent Transportation System 애플리케이션이 등장하고 있다. 많은 종류의 차량 정보화 통신 중 Vehicle to Vehicle에서 차량의 안전을 지원하는 네트워크로 VANET이 주목을 받고 있다.

VANET은 각 노드인 차량이 통신의 주체가 되기 때문에 라우팅 프로토콜이 통신의 중요한 요소이다. 잘 알려진 Reactive 라우팅 프로토콜에는 AODV[4], DSR [5] 그리고 FRESH[1] 와 같은 라우팅 프로토콜이 존재한다. 하지만, AODV와 DSR은 라우팅 경로를 찾기 위해서 많은 탐색 비용을 요구한다. 탐색비용을 줄이기 위해서 제안된 FRESH는 time-stamp로 기록되어 있는 정보를 이용해 비교적 적은 탐색 비용으로 라우팅 경로를 찾게 된다. 하지만, FRESH는 time-stamp의 분포 문제와 동작과정에서 발생하는 지연으로 말미암아 VANET과 같은 환경에서 그 성능이 많이 떨어지게 된다.

본 연구에서는 ant colony optimization[9]이라는 휴리스틱 알고리즘에서 VANET에 적절한 라우팅 프로토콜에 관한 해결책을 찾았다. 개미가 페로몬이라는 흔적을 사용하는 것에서 착안하여 VANET에서 가질 수 있는 흔적들을 사용하여 라우팅 부하를 줄이고 패킷 전송률과 같은 성능 평가 요소에서 더 좋은 라우팅 프로토콜을 제안하려고 한다.

본 연구에서는 GPS가 없는 차량 무선 통신 환경을 고려하며 제안되는 라우팅 프로토콜은 도시에서 차량의 움직임 가운데 흔적으로 사용될 수 있는 부분들에 대해서 연구하여 이것을 라우팅 메트릭으로 사용한다.

본 연구의 검증은 시뮬레이션으로 이루어졌으며, 실제 도시와 같은 VANET환경을 조성하기 위해 네트워크 시뮬레이션과 교통 정보 시뮬레이션으로 나누어서

실험하였다. 네트워크 시뮬레이션에서는 ns-2를 이용하여 라우팅 프로토콜을 구현하였다. 교통 정보 시뮬레이션에서는 MOVE[6]와 VanetMobiSim[11]을 활용해 교통 정보를 만들었다.

본 논문은 2장에서 연구 배경과 관련 연구를 설명하며, 3장에서 제안되는 라우팅 프로토콜을 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션과 분석을 설명하고, 5장에서 결론과 앞으로의 연구 방향에 대해 언급하도록 구성되었다.

2. 관련연구

2.1 Ant Colony Optimization

개미들이 먹이가 있는 곳까지의 최적의 경로를 찾는 과정은 다음과 같다.

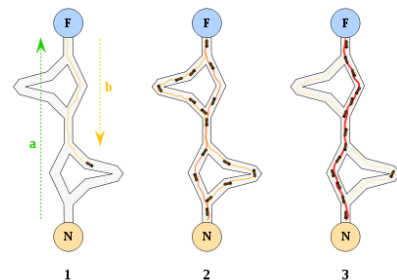


그림 1: 개미가 먹이를 찾는 과정

그림 1에서 보는 것처럼 개미들이 먹이를 찾는 최적의 경로를 만드는 과정은 3단계를 거치게 된다. 첫 번째, 첫 번째 개미가 먹이를 찾아가는 과정이다. 개미는 임의의 길 a를 이용하여 먹이가 있는 F까지 이동하게 된다. 집 N으로 돌아오는 길에는 b와 같이 페로몬을 남기면서 먹이까지의 경로의 흔적을 남긴다. 두 번째는 다른 여러 개미의 이동 경로를 나타낸다. 다른 개미들도 첫 번째 개미와 마찬가지로 임의의 길을 선택하면서 흔적을 남기며 집으로 돌아온다.

이때, 페로몬은 일정 시간이 지나면 공기 중으로 증발하는 휘발성 성분이기 때문에 최단 경로에 가장 많은 양의 페로몬이 남아 있게 된다. 마지막으로, 먹이가 있는 곳을 알지 못하는 개미들도 길에 남아 있는 페로몬의 양을 가능함으로써 집에서 식량까지의 최단 경로를 파악해 먹이에 도달하게 된다. 이것이 ant colony optimization algorithm[9] 이다.

2.2 VANET의 시뮬레이션

라우팅 프로토콜을 실제 VANET환경에서 실험하는 것은 어렵다. VANET의 실험환경은 적어도 1Km의 범위에서 수십 대의 차량을 이용하여 실험해야 하기 때문이다. 이러한 이유로 VANET은 주로 시뮬레이션을 이용하여 성능을 확인한다.

VANET의 시뮬레이션은 네트워크와 교통정보 시뮬레이션으로 나뉜다. 네트워크 시뮬레이션은 잘 알려진 ns-2[12], QualNet[13] 등이 있다. 네트워크 시뮬레이션은 라우팅 프로토콜을 제작하여 네트워크의 성능을 측정한다. 하지만, 네트워크 시뮬레이션은 노드의 움직임을 모델링 하는 것에 제약이 있다. VANET에서는 노드의 움직임을 모델링 하는 것이 중요하다. 따라서 이를 확인하기 위한 교통정보 시뮬레이션이 필요하게 된다. 교통정보 시뮬레이션에는 NCTUns, SUMO, MOVE [6] 그리고 VanetMobiSim [12]이 있다.

3. 제안하는 라우팅 프로토콜

기존의 MANET 라우팅 프로토콜은 VANET의 특수성을 고려하지 않았고, 패킷 전송률이나 종단간 지연에서 성능이 좋지 않다. 특히 VANET에서는 차량의 이동성을 지원하기 위해서 패킷 flooding이 자주 발생하여 제어 패킷의 수가 많아진다.

도시에서의 차량의 움직임은 여러 가지 특징을 가지고 있다. 먼저 차량은 도로에서 양 방향으로 움직이며 서로 마주친다. 또한, 차량 중 버스와 같이 일정 시간마다 유사한 움직임을 갖는 차량이 존재한다. 그리고 마지막으로 도로는 크게 차량이 많이 오가는 도심지의 도로와 고속 주행이 가능한 고속도로가 있다. 도심지의 도로에서의 차량은 움직임이 느리고 밀집이 크다. 반면에 고속도로에서는 차량의 움직임이 빠르고 밀집이 작다. 이러한 차량의 특징을 가지고 차량의 움직임을 반영하는 동시에 페로몬과 같은 흔적이 남겨지는 흔적 메커니즘을 개발하고자 한다.

개미가 먹이를 찾는 과정에는 3가지의 핵심적 속성이 있다. 첫째, 경로에 개미가 많이 다닐수록 페로몬의 강도는 강해진다. 둘째, 개미는 페로몬의 강도가 높은 곳을 따라간다. 마지막으로 페로몬은 시간이 지날수록 그 강도가 줄어든다. 이와 들어맞는 속성은 time-stamp (시간) 이다. 라우팅 경로를 찾을 수 있는 흔적으로 time-stamp 를 사용하면 페로몬과 같은 효과를 낼 수 있다. 목적지 노드의 time-stamp가 많은 쪽으로 라우팅

경로를 찾고 시간이 흐르면 증발하는 페로몬과 같이 time-stamp 역시 시간이 지날수록 그 가치가 떨어지기 때문이다. 하지만, 차량에서는 이 time-stamp를 흔적으로 남기는 것에도 어려움이 따른다. 따라서 time-stamp를 흔적으로 활용하기 위해서는 흔적을 남기는 방법에 대한 연구가 선행되어야 한다.

본 연구에서는 time-stamp를 흔적으로 남기기 위해 2가지 방법을 제안한다. 첫 번째 방법은 차량이 다른 차량과 만날 때 흔적을 남기는 것으로 이 연구에서는 이 방법을 Neighbor Encounter라 정의한다. 두 번째 방법은 패킷이 이동하면서 흔적을 남기는 것으로 Packet Encounter라 정의한다. 차량통신에서 차량의 밀집은 중요한 역할을 하게 된다. 따라서 time-stamp에 의한 흔적 이외에 차량의 밀집에 대한 흔적을 Density로 명명하여 활용하려고 한다. 본 연구는 이 2가지의 흔적과 밀집을 활용해 새로운 라우팅 프로토콜 TPV(Trace protocol for VANET)를 제안하려고 한다.

3.1 Neighbor Encounter

차량은 도심지 안에서 이동하면서 많은 다른 차량과 마주치게 된다. 이러한 성질을 이용하여, Neighbor Encounter는 차량이 주행 중에 마주치는 다른 차량에 대한 정보인 time-stamp를 획득하는 과정으로 정의한다. Neighbor Encounter는 hello 패킷을 이용하여 자신과 마주치는 차량의 ID와 함께 마주친 시간을 time-stamp로 저장한다. 가령 차량 x와 차량 y가 주행 중에 마주치게 될 때 hello 패킷을 통해서 상대방 차량에 대한 ID와 함께 time-stamp를 저장하게 된다. 저장된 time-stamp는 라우팅 메트릭으로 사용되어서 목적지 노드에 대해 time-stamp가 많은 쪽으로 라우팅 경로가 만들어진다.

Time-stamp의 효과는 차량 움직임과 관련이 있다. Time-stamp는 주행 중 타 차량과 마주친 경험에 의존하기 때문에, 효과를 최대한 발휘하기 위해 타 차량과 지속적인 마주침이 필요하다. 그러나 도로 위에서 차량을 고정적이고, 지속적으로 마주치는 일은 어렵다. 따라서 현실의 도로가 존재하는 VANET에서는 time-stamp로 인해 성능에 제약이 따르게 되기에 이를 보완할 수 있는 추가적인 흔적을 얻는 방법이 요구된다.

3.2 Packet Encounter

Packet Encounter는 패킷을 받은 노드가 패킷의 소스 ID와 패킷을 받은 time-stamp를 획득하는 과정으로 정의한다. Neighbor Encounter에서 차량이 개미였다면, Packet Encounter에서는 패킷이 개미가 되는 것이다. 네트워크에서 패킷은 목적지를 찾기 위해 탐색한다. 그렇기에 패킷은 많은 차량을 거치게 된다. 이것을 이용하여 Neighbor Encounter가 직접적으로 만나는 차량의 time-stamp만을 획득함으로써 나타낼 수 있는 time-stamp 분포의 불균형을 해결할 수 있게 된다.

패킷을 개미처럼 취급하는 라우팅 프로토콜들이 다수 존재한다. 그 동작방법은 패킷을 개미처럼 취급하여

FANT와 BANT의 패킷 이동을 통하여 소스와 목적지를 확률로 계산하여 활용한다. 하지만, 이러한 방식은 빠른 이동성을 가지고 있는 VANET에서는 적절하지 않다. 목적지에 대한 패킷을 전송할 다음 노드가 확률로 계산될지라도 전송할 다음 노드가 이동하여 사라지면 무의미하기 때문이다. 따라서 Packet Encounter의 과정을 통해 다음 노드 결정을 확률로 계산하지 않고 Neighbor Encounter에서의 time-stamp처럼 최근의 정보를 이용한다. Packet Encounter를 통해서 얻은 time-stamp는 Neighbor-Encounter의 부족한 부분을 보완하고 VANET에서 노드들의 빠른 이동을 반영하여 네트워크 위상의 변화를 수용하게 된다.

3.3 Density

Density는 말 그대로 차량의 밀집에 관한 흔적이다. 차량의 밀집은 통신 가능한 주변 노드의 개수로 정의된다. 노드의 개수를 확인하기 위해서는 Neighbor Encounter를 기록할 때 사용되었던 hello 패킷을 사용하며 이를 통해 주변 노드의 개수를 알 수 있게 된다. 일반적으로 차량의 밀집이 높은 지역은 무선 단말기 간의 간섭 탓에 전송이 어렵다. 반대로 밀집도가 낮은 지역도 다음 전송에 대한 무선 단말기가 존재하지 않아 전송하기가 어렵다. 다시 말하면 Density를 이용하면 패킷을 전송할 때에 전송하기 좋은 노드로만 전송하게 되는 것이다. 즉, 밀집이 너무 높아서 보내기 어려운 지역이나 너무 낮아서 다음 홉으로 보낼 곳이 없는 지역은 패킷을 보내지 않게 하여 라우팅 부하를 낮추는 동시에 라우팅 경로의 품질을 높일 수 있다.

3.4 TPV의 동작

TPV의 동작은 기본적으로 FRESH[1]의 three hand-shakes 와 같은 불필요한 동작을 제외하면 동일하다. 이는 three hand-shakes를 제거하고 개미와 같이 유연하게 움직이도록 구성되었다. 그림 2는 TPV의 동작을 나타낸 것이다. 목적지 노드를 찾기 위해서 TPV에서 소스 s는 주변 노드들에 Neighbor Encounter와 Packet Encounter로 얻은 목적지에 대한 time-stamp와 Density 정보를 패킷에 담아서 전송한다. 따라서, TPV는 2가지의 라우팅 메트릭을 통해 라우팅 경로를 만들어 나가게 되는데, 패킷에 담긴 time-stamp와 Density 정보를 이용해서 주변 노드가 조건을 만족하면 주변 노드에서 다시 그 주변 노드로 탐색을 확장하게 된다. 이때 패킷은 고유 번호를 가지고 있기 때문에 이미 받은 중복된 패킷이라면 패킷을 버린다.

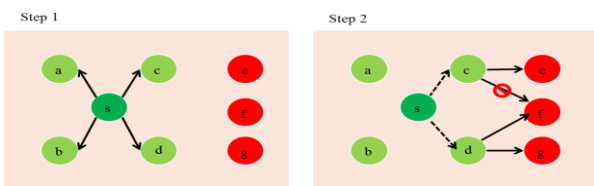


그림 2: TPV의 동작

4. 실험결과

제안된 라우팅 프로토콜은 검증을 위해서 네트워크 시뮬레이션으로 ns-2[12] 를 사용하였고, 교통정보 시뮬레이션으로 MOVE[6]와 VanetMobiSim[11]을 사용하였다. 본 연구에서 TPV, AODV, FRESH 라우팅 프로토콜은 ns-2를 사용하여 구현하였고 MOVE와 VanetMobiSim을 이용하여 움직임을 만들었다. 임의의 교통정보를 생성할 때에는 실제와 같은 교통 환경과 정보를 토대로 생성하는 VanetMobiSim을 이용하였고, 차량 정체 현상이 발생하는 시나리오를 위해서 교통 정보 조절이 가능한 MOVE를 이용하였다. 실험을 위한 시뮬레이션 파라미터와 기본 값은 표 1과 같다.

표 1: 시뮬레이션 파라미터와 기본 값

Parameter	Value
Map	West University, Houston, TX, USA
Size	1,000m * 1,000m
Wireless	802.11g
CS Range	300m
Transmission Range	200m
Number of node	Depends on scenarios
Measurement	Packet delivery ratio, control packets

표 2: 시뮬레이션 시나리오

	Number of vehicles	Traffic situation	Flow generation
1	153	Random	Random
2	181	Traffic jam	Random

본 실험을 평가한 시나리오는 표2와 같다. 1번 시나리오는 교통 정보 생성 도구에서 임의로 만들어지도록 하였으며, 2번은 도시에서 교통체증이 있을 때를 고려하여 만든 것이다. 패킷을 전송하는 노드의 개수는 10에서 50까지 증가하도록 하였다.

4.1 패킷 전송률

패킷 전송률(Packet Delivery Ratio)은 소스에서 보낸 패킷과 목적지에서 받은 패킷의 비율을 나타낸 것이다. 그림 3, 4에서 왼쪽은 패킷 전송 노드 숫자 증가에 따라 변화를 나타낸 그래프이고 오른쪽은 전체에 대한 각 프로토콜의 평균을 나타낸 그래프이다. 먼저 임의로 생성된 시나리오 1에서는 TPV가 가장 안정된 성능을 보이고 있다. 시나리오 2는 다른 시나리오에 비해서 전반적으로 낮은 성능을 보이고 있다. 그것은 차량 정체로 인하여 차량이 한 도로에 몰려 무선 통신 기간에 간섭이 크게 일어나기 때문인 것으로 분석된다. 시나리오 2에서 살펴보면 AODV가 근소한 차이로 가장 좋은 성능을 보이고 있는데, 이러한 현상은 AODV가 차량의 움직임이 느린 곳에서 효과적이란 사실을 말해주고 있다.

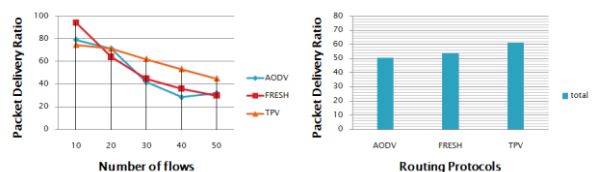


그림 3: 시나리오 1에서 패킷 전송률

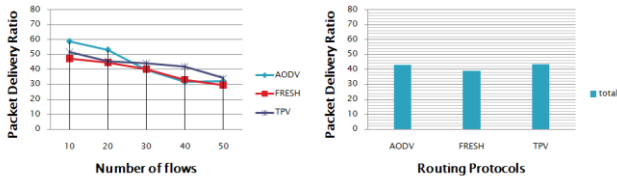


그림 4: 시나리오 2에서 패킷 전송률

4.2 제어 패킷 수

제어 패킷 수는 네트워크에서 소스를 출발해 목적지에 도달하는 경로를 찾는 데 드는 패킷의 수를 의미한다. 제어 패킷 수는 데이터로 전송되는 패킷 외에 모든 패킷으로 RREQ, RREP, hello 패킷의 숫자로 정의한다. 그림 5, 6에서 왼쪽은 패킷 전송 노드 숫자 증가에 따라 변화를 나타낸 그래프이고 오른쪽은 전체에 대한 각 프로토콜의 평균을 나타낸 그래프이다. 시나리오를 통해서 AODV는 라우팅 경로를 만들기 위해서 TPV나 FRESH보다 2만여 개의 패킷이 더 필요함을 알 수 있다. 시나리오 2는 많은 제어 패킷 수를 보이는데 이것은 차량 정체로 인한 무선 기간섭으로 패킷이 자주 버려지기 때문이다. 또한, 제어 패킷 수의 결과를 통해서 FRESH의 three handshakes보다 TPV의 방식이 더 적은 제어 패킷 수를 요구하는 것을 확인할 수 있다. TPV가 가장 좋은 성능을 보이고 있다.

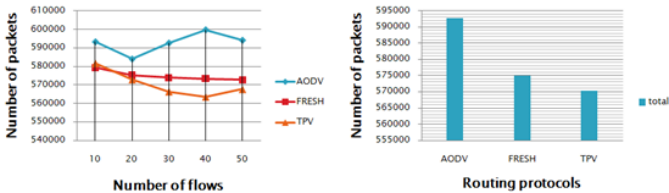


그림 5: 시나리오 1에서 제어 패킷의 수

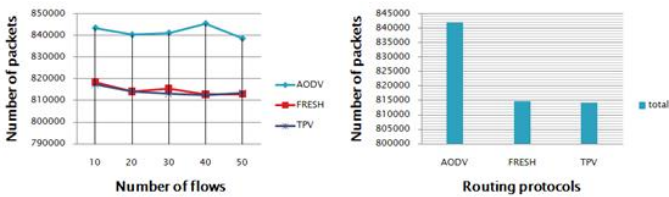


그림 6: 시나리오 2에서 제어 패킷의 수

5. 결 론

제안하는 TPV 는 VANET을 위한 라우팅 프로토콜로 개미가 먹이를 찾기 위해 흔적을 남기는 과정에서 착안한 라우팅 프로토콜이다. time-stamp로 마주치는 차량을 통한 Neighbor Encounter와 차량이 받는 패킷을 통한 Packet Encounter를 통해서 흔적을 얻는다. 또한, 도시에서 차량이 가지는 Density 특성을 이용하여 라우팅 경로의 품질을 높였다. 3가지 방법을 통해 패킷을 여러 단계를 거쳐서 보내지 않고 바로 주변 노드에게 보낸 후 비교하게 함으로써 줄이게 하였다.

시뮬레이션을 통해 TPV는 비교 대상이었던 AODV나 FRESH보다 더 적은 제어 패킷으로 패킷 전송률에서 더 좋은 성능을 보였다. 특히 Neighbor Encounter에서 부족할 수 있는 time-stamp를 Packet Encounter의 time-stamp를 보강하였고, 차량이 정체되는 곳에서 Density를 통해 보완할 수 있었다.

하지만, VANET에서 활용하기까지는 아직 그 성능의 제약이 있다. 이를 해결하기 위해 time-stamp와 density에 의한 이론적인 접근이 필요하다. 그리고 제어 패킷 수의 가장 큰 원인인 hello 패킷에 대한 부분도 해결해야 할 과제 중 하나로 이를 대체할 메커니즘과 새로운 흔적에 대한 연구도 필요하다.

6. 참고문헌

- [1] Henri Dubois-Ferriere, Matthias Grossglauser, and Martin Vetterli, "Age Matters: Efficient Route Discovery in Mobile Ad Hoc Networks Using Encounter Ages", Proceedings of the 4th ACM international symposium on Mobile ad hoc networking & computing, 2003.
- [2] Fan Bai, Ahmed Helmy, "Impact of Mobility on Last Encounter routing protocols", Proceedings of SECON '07. 4th Annual IEEE Communications Society Conference on, 2007.
- [3] N Sarafijanovic-Djukic, Matthias Grossglauser, "Last encounter routing under random waypoint mobility", Proceedings of Networking, 2004.
- [4] Charles Perkins, Elizabeth Royer, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing," Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1997.
- [5] DB Johnson, DA Maltz, J Broch, "DSR: The dynamic source routing protocol for multi-hop wireless ad hoc networks", Ad hoc networking, 2001.
- [6] Aamir Hassan, "VANET simulation", Technical report, May, 2009.
- [7] S Yousefi, MS Mousavi, M Fathy, "Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs): challenges and perspectives", ITS Telecommunications Proceedings, 2006 6th International Conference on, 2006.
- [8] H Füller, M Torrent-Moreno, M Transier, A Festag, "Thoughts on a protocol architecture for vehicular ad-hoc networks", Proc. of WIT 2005, 2005.
- [9] M. Dorigo, "Optimization, Learning and Natural Algorithms", PhD thesis, Politecnico di Milano, Italie, 1992.
- [10] Bakhatmur Baiteli, "CARD: Contact-history Assisted Route Discovery in MANET," Master Thesis, Information and Communications University, August 2008.
- [11] J. Häri, M. Fiore, F. Fethi, and C. Bonnet, "VanetMobiSim: generating realistic mobility patterns for VANETs", in Proc. of the 3rd ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET'06), September 29, 2006, Los Angeles, USA.
- [12] "Network Simulator ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [13] "Network Simulator QualNet," <http://www.scalable-networks.com/>