VANET에서의 이동 매개체의 속도 정보를 이용한 기회적 전송 방법

전영덕[O1], 김효곤[2]
[1]anyon00@hanmail.net, [2]hyogon@korea.ac.kr
[1](주) 엠텔레텍
[2]고려대학교 컴퓨터공학과 무선데이터연구실

Opportunistic forwarding in VANET exploiting velocity information of mobile nodes

YoungDeok Jeon[O1], Hyogon Kim[2]
[1]M-Teletech CO., LTD.
[2]The Department of Electronics and Computer Engineering, Korea University.

요 약

움직이는 노드에게 정보를 전달하는 것은 이제 흔한 일이 되었다. 더 나아가서 움직이는 노드들로 독립적인 네트워크를 형성 할 수도 있다. 최근 이러한 VANET(Vehiclular Ad Hoc Networks) 환경 하에서의 정보의 전송에 관심이 커지고 있다. 이동 노드들이 무선 링크를 통하여 연결될 수 있을 때에는 별도의 ad-hoc 네트워크를 형성하지 않고도 정보 전송 네트워크로 사용할 수 있다. 이를 기회적 전송(opportunistic forwarding)이라 하며, 이 논문에서는 세 개의 서로 다른 기회적 정보 전송 방법을 비교한다. 각 방법 하에서의 전송 시간, 성공률, 그리고 오버헤드를 측정하고, 이를 바탕으로 기회적 전송 문제 해결을 위한 새로운 방법을 제안한다. 이 방법은 전송의 매개체인 다른 이동 노드를 만났을 때 기회적 전송을 할 것인가의 여부를 결정하기 위해 양측의 속도 정보를 사용한다. 우리는 제안된 방법이 기존의 방법보다 효과적임을 시뮬레이션을 통해 보인다.

1. 서 론

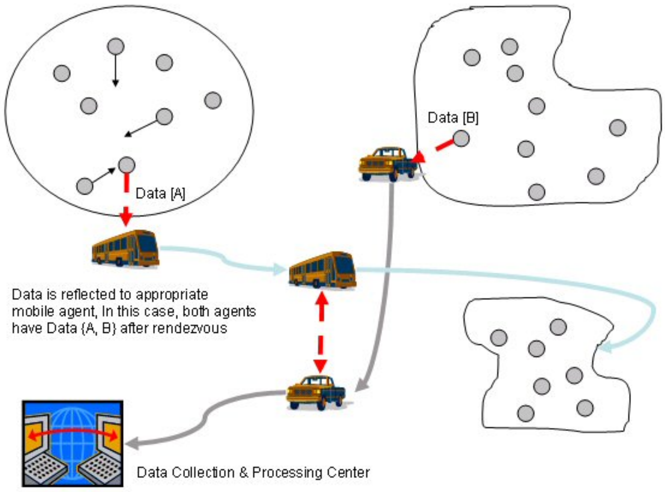

그림.1 이동식라우터(MR)가 되는 이동 매체를 이용한 독립된 네트워크에서 목적지로의 자료 전송.

ITS(Intelligent Transportation Systems)는 전자, 정보, 통신, 제어 등의 기술을 교통체계에 접목시킨 차세대 지능형 교통 시스템이다. ITS를 구현하는 데 쓰일 것으로 예상되는 무선통신 방법인 DSRC (Dedicated Short Range Communication)[2]는 자동차간, 그리고 자동차와 도로에 설치된 통신 노드간의 통신 응용, 혹은 거기에 사용되는 5.9GHz 주파수 대역을 의미한다. 이러한 자동차간 통신이 현실화될 경우, 그림 1과 같이 두개의 독립된 네트워크에서 움직이는 노드를 이용하여 중앙서버에 자료를 전송하여 교통 시스템의 효율과 안전성을 높이는 ITS 응용을 구상할 수 있다 [3],[4]. 이 논문은 그림 1에서 나타낸 바와 같이, 수집된 교통정보를 차간통신 (vehicle-to-vehicle communication)을 통해 전달하여 최종 데이터 수집 노드에까지 전송하기 위한 이른바 기회적 전송 방법의 새로운 방법을 제안한다. 이와 같은 네트워킹 방법은 통상 지연시간에 덜 민감한 응용에 사용될 수 있으므로, 일종의 DTN (Delay Tolerant Networks)[5] 이라 할 수 있다.

이 논문은 라우터로 작용하는 움직이는 노드들(mobile routers - MRs), 즉 자동차들의 이동 방향이나 속도가 시간에 따라 계속 변하는 현실적인 시나리오를 가정한다. 또한 우리는 각 노드가 최근의 GPS (Global Positioning System) 장비들이 제공하는 바와 같이 자신의 위치와 속도를 안다는 현실적인 가정을 사용한다. 그리고 데이터의 최종 수집을 맡은 목적지는 움직이지 않

고 고정되어 있으며, 모든 이동노드들은 목적지의 위치를 알고 있다고 가정한다. 이 같은 가정들 위에서, 우리는 기회적 전송을 허용하는 노드들 사이의 정보 교환 여부를 결정하는 알고리듬을 제안한다. 이 방법은 최소의 지연으로, 또한 최대의 성공률로 정보를 도착지로 전송하는 것을 목적으로 한다. 이 같은 측정의 잣대를 사용하여 우리는 문제 해결을 위해 세 개의 알고리즘, 즉 BROADCAST, MOVE 및 우리가 새로이 제안하는 방법을 비교한다. 새로 제안된 방법에서는 노드들의 GPS 위치 및 속도벡터를 이용하여, 목적지에 도달할 가능성이 높은 노드에게 데이터를 넘겨주는 방식의 기회적 전송을 수행한다. 시뮬레이션을 통해 위의 세 가지 알고리즘에 대한 성능 과 오버헤드를 비교함으로써, 제안된 알고리듬이 기존의 방법보다 우수함을 보인다.

2. 관련 연구

우리가 고려하는 네트워크는 데이터의 출발지로부터 도착지까지의 확실한 연결성을 보장하지 못하는 종류의 것이다. 이러한 네트워크에서는 자료가 전송 중일 때 네트워크 단절이 일어난다면 자료가 버려지게 된다. 따라서 우리는 데이터가 다음 전달할 노드에게 건네지기 전에는 현재 노드에 저장되어 있다고 가정한다. 이러한 네트워크에서는 2개의 MR이 서로 전달 범위 내에서 있을 때에만 자료의 전송이 일어날 수 있고, 따라서 이러한 전송 방식을 기회적 전송 (Opportunistic forwarding) 이라 한다. 가장 핵심적인 문제는 데이터가 있는 노드가 주위의 네트워크 토폴로지를 모르거나, 토폴로지가 빠르게 변화할 때 인접한 노드로 어떻게 정보를 전송하느냐는 것이다.

이과 같은 문제를 다룬 잘 알려진 선행연구로는 Infostation Project[7]가 있다. 여기에서는 이동식 노드에서 정적인 데이터 수집 서버로의 기회적 전송에 관한 방법을 연구했다. 또 이동식 노드를 사용하는 Data Mule project[4]는 출발지로부터 자료를 수집하고, 목적지로 전송하는 문제에 대한 연구이다. Data mule project에서는 그러나 이동식 노드 사이의 기회적 전송은 고려하지 않는다. The Message Ferrying Project[6]는 네트워크에 전달 형식을 최적화하는, 이동식 노드의 물리적 경로를 조절하는 새로운 접근 방식을 제안한다. 기회적 전송의 실제적 응용 연구는 VMesh Demand - Response Project[3]에서도 수행되었다. 여기에서는 전력 사용 정보를 가정에서 전력회사로 전송하여 가격정보를 주고받기 위해 발전소와 주택지 사이의 정보 전송을 위해 이동 노드들은 움직이는 라우터처럼 사용된다. 최초의 VMesh 논문에서는 노드 사이가 통신하지 않는 NOTALK와, 노드들 사이가 항상 통신하는 브로드캐스트 방법만을 고려했다. NOTALK설계는 DATA mule project [4]에서 사용된 통신 방법의 변형이다.

이 논문에서는 제시하는 해결책은 시스템에서 기회적 전송을 하고 있는 2개 노드가 서로 통신하여 최대한 경로에 대한 예측을 하고, 이를 이용하여 데이터 교환을 결정하는 것이다. 이 문제에 대한 기존의 방법들은 위치 기반이며, Greedy Algorithm [8]의 세 가지 변환이다.

(a) Most Forwarding Progress within radius R (MFR)
(b) Nearest with Forwarding Progress (NFP)
(c) Compass Routing

MFR은 목적지와 최단거리의 노드 수를 최소가 되게 시도한다. 노드 수가 많으면 전송 시간과 계산이 더 늘어나게 된다. NFP는 다음 노드로 전송할 수 있는 가장 가까운 노드를 선택한다. Compass 라우팅은 목적지를 직선이 되게 유지하려고 노력한다. 그래서 출발지와 목적지를 최소한의 직선으로 연결하는 노드를 선택한다. GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing)[9]은 MFR Greedy 전송을 이용하는 더 세련된 알고리즘이다.

이 논문에서 제안하는 방법은 위에서처럼 통신 가능한 상대방 노드의 위치 정보를 이용할 뿐 아니라, 최근의 GPS 기기가 이동 방향과 속도 정보까지 쉽게 제공하는 점을 이용하여, 합리적으로 예측 가능한 시간 내에 상대방 이동 노드가 목적지에 더 가까이 다가갈 것인가를 계산하는 것이며, 편의를 위해 아래에서 MOVAS (Motion Vector Add Speed)라고 부른다.

3. 기회 전송 알고리즘

이 단락에서는 3개의 기회적 전송 방법을 비교한다. 이들은 매우 비효율적이지만 배달 확률에서 가장 우수한 방법인 (VMesh에서 고려되었던) 브로드캐스트 방법, 상대 이동노드와 자신의 이동 각도를 고려하는 MOVE, 그리고 우리가 제안한 MOVAS 방식이다. 이 방법들의 목적은 모두 다 자기보다 목적지에 더 접근하는 이동 노드를 얻기 위해, 다른 이동 노드가 일정 범위 안에 들어오면 노드의 위치 정보와 벡터 정보를 비교하여 상대방에게 데이터를 보내느냐 보내지 않느냐를 결정한다.

(A) BROADCAST

BROADCAST는 이동 노드가 무조건 자신의 자료를 다른 이동 노드에게 무조건적으로 전송하는 방식이다. 앞에서 언급한 NOTALK와는 반대되는 방식이다. 출발지에서 자료를 얻은 이동 노드에 일정 범위 안으로 접근하는 다른 이동 노드가 있으면, 무조건 그 노드의 버퍼를 검사하여 없는 경우 무조건 정보를 전송한다. 이런 방법에 의한 무차별 전송은 패킷 배달 성공 비율이 가장 높고, 또한 데이터의 최종 목적지 도달까지의 시간을 감소시킨다. 그러나 BROADCAST는 이런 무차별 전송으로 인하여 네트워크 안에 전송되는 메시지들의 수와 버퍼 공간의 관점에서 매우 높은 오버헤드가 발생한다.

(B) MoVe (MOtion VEctor)

MoVe(The Motion Vector)[1]방식은 두 이동 노드의 벡터를 이용하여 어떤 노드가 목적지에 더 가까이 갈수 있는지를 확인하여 정보를 전송한다. 그림 2와 같이 출발지로부터 정보를 전달 받은 노드(A)는 주위에 노드가 있는지 지속적으로 확인한다. 만약 주위에 노드(B)가 통신 가능 범위로 들어왔다면, 해당 노드(B)의 이동 벡터 정보를 이용, 각 노드(A, B) 에서 목적지간의 각도를 산출한다. 산출된 각도를 이용하여 노드(A)와 목적지간, 노드(B)와 목적지간 각도를 비교하여 보다 가깝게 목적지에 접근하는 이동노드에 정보를 전송한다. 즉,

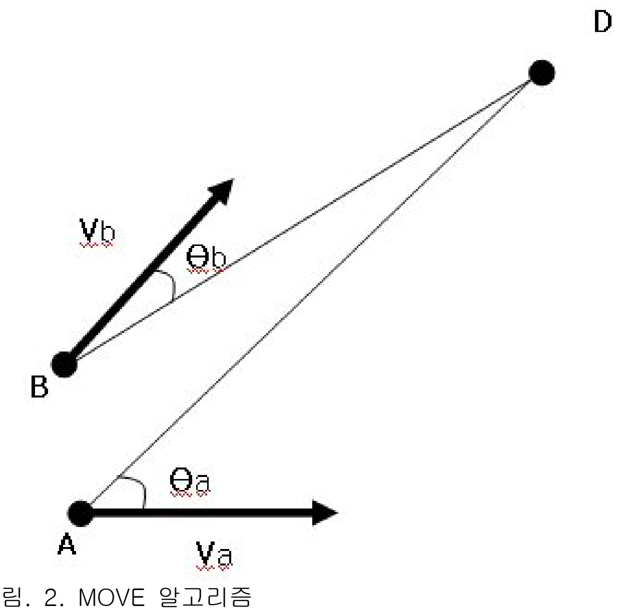

그림. 2. MOVE 알고리즘

1) 비콘 프레임 전송을 통하여 A 노드는 통신 범위 안에 B 노드가 있음을 인지한다.
2) B 노드에서 전송되어온 운동 벡터 정보를 이용하여, 각각의 벡터 Va, Vb를 얻는다.
3) A 노드의 이동방향과 목적지 방향사이의 각 θa 를 구한다.
4) B 노드의 이동 방향과 목적지 방향사이의 각 θb를 구한다.
5) θa 와 θb를 비교한다.
6) B 노드가 목적지에 더 가까운 방향이면 A 노드는 정보를 전송한다. 즉, 다음 표와 같은 결정을 내린다.

조건	전달 여부
θa < θb	노드(B)로 정보 전달
θa > θb	노드(B)로 정보 미전달

(C) MOVAS (MOtion Vector Add Speed)

이 논문에서 제안하는 MOVAS(The Motion Vector Add Speed) 방식은 두 노드의 위치와 각도 뿐 아니라 속도를 이용하여 일정 시간 후의 서로의 위치를 예측하여 목적지에 더 가까이 갈 수 있는 노드에 정보를 전송한다. 이 방법은 최근 GPS 장비에서 쉽게 얻을 수 있는 속도 정보를 추가로 고려함으로써 MOVE방식에서보다 더 나은 성능을 꾀한다. 데이터 전달 결정 알고리듬은 다음과 같다.

1) 비콘 프레임 전송을 통하여 A 노드는 통신 범위 안에 B 노드가 있음을 인지한다.
2) MOVE에서와 같은 방법으로 목적지까지의 각도를 각각 구하고, 속도 정보를 추가로 고려하여 일정 시간 후 예측되는 각 노드의 위치를 구한다.
3) A, B 노드의 미래 예측 위치에서 목적지까지의 거리를 비교한다.
4) B 노드가 더 가까이 접근할 것으로 예측되는 경우, A 노드는 정보를 B 노드에 전송한다.

4. 성능 평가

(A) 실험 설정

그림 3과 같이 출발지와 목적지 사이의 5000m X 5000m 지역을 설정한다. 테두리의 추가적인 1000m는 움직이는 노드만 이동할 수 있는 여유 공간이다. 따라서 이동 노드들은 6000m X 6000m 넓이의 공간을 움직인다. 이 공간 안에는 도시 거리 구조물들이 설치되어 있다고 가정한다. 따라서 일정 시간마다 노드의 방향과 속도는 계속 바뀌게 된다. 각 노드들은 평균 10초 동안 움직이다가 랜덤하게 속도와 방향을 바꾼다. 속도는 15~30m/s의 사이에 있다고 가정한다. 마지막으로, 우리는 주어진 지역 내의 노드의 총수를 바꾸면서 각 메시지

전송 방법을 시험한다.

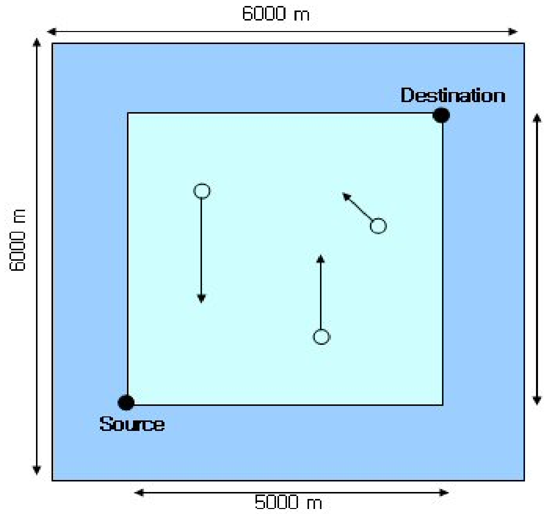

그림. 3. 실험 설정

(B) 시뮬레이션 결과

실험 결과는 전달 성공률, 전송 패킷량, 및 전달 지연 시간을 비교한다. 그림 4는 전송 성공률을 노드 수를 늘여 가면서 실험한 결과이다. 이동 노드의 밀도를 늘리면 비교하는 모든 방식에서 성공률이 개선된다. MOVE보다 MOVAS에서 성공률이 일반적으로 약간 더 개선됨을 볼 수 있다. 하지만 당연히 BROADCAST 방식에서보다는 성공률이 떨어진다. 즉, BROADCAST > MOVAS > MOVE의 순으로 성공률이 관측된다.

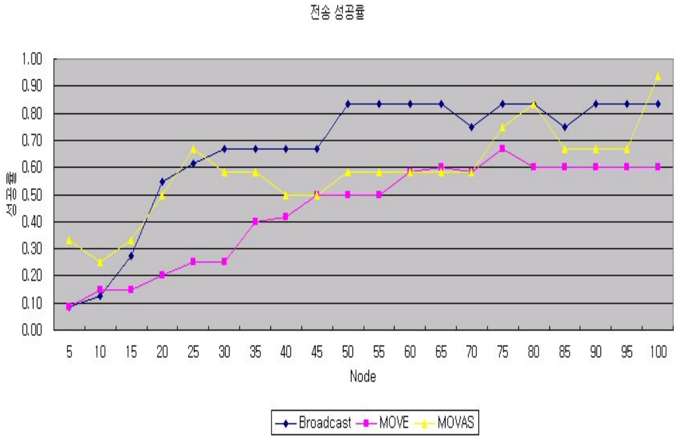

그림. 4. 전송 성공률

그림 5에서는 성공적인 배달을 위하여 각 방식이 전송한 총 패킷 수를 비교할 수 있다. BROADCAST방식이 당연히 전송 패킷 수가 가장 높다. 이에 반하여 MOVE와 MOVAS는 상당히 패킷 수를 줄였다. 특히 MOVAS가 상대적으로 더 패킷 수를 줄이면서 그림 4의 전송 성공률 성능향상을 얻어냈음을 알 수 있다. 패킷 생성 오버헤드는 BROADCAST > MOVE > MOVAS의 순으로 많다.

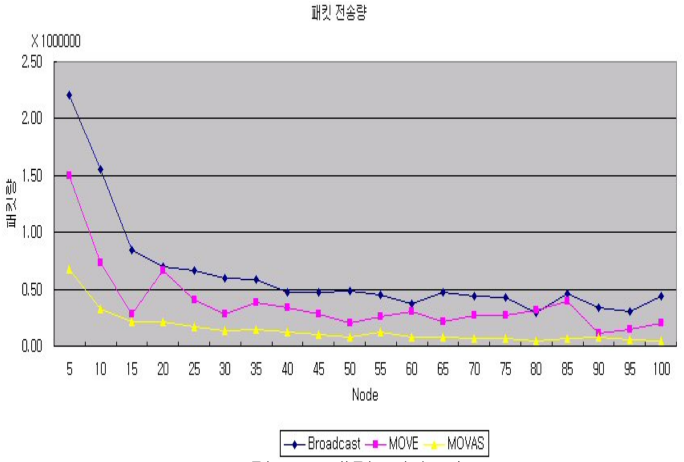

그림. 5. 패킷 전송 수

마지막으로 그림 6에서는 세 가지 방식에서의 출발지에서 목적지까지의 데이터 배달 시간을 나타냈다. 패킷 전송 수에서와 마찬가지로, 전달 지연 시간에서도 MOVAS가 MOVE보다 나았으며, 특히 노드 밀도가 높을수록 MOVAS방식이 BROADCAST에 근접한 지연시간을 보인다.

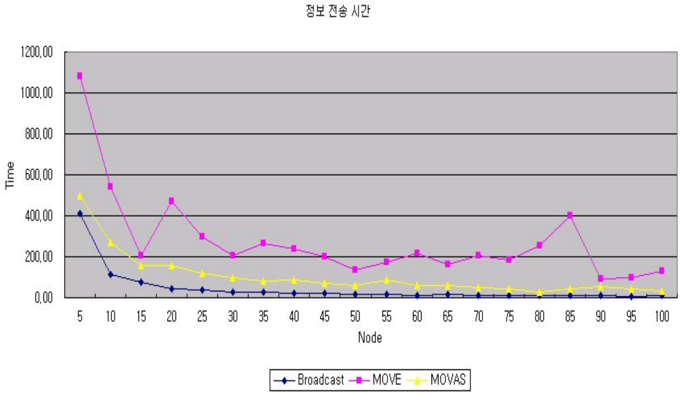

그림. 6. 전송 시간

결과적으로 이 논문에서 제안된 MOVAS 방식은 기존의 BROADCAST나 MOVE 방식보다 패킷 생성 오버헤드가 적고, MOVE 방식보다 전달 시간이 짧으며 성공률도 높은 것으로 확인되었다.

5. 결 론

기회적 전송 방법은 출발지와 목적지 사이의 정보 전달을 위해 이동 매개체를 사용한다. 이 논문은 기존의

BROADCAST 방법, MOVE 방법, 그리고 우리가 제안하는 세 가지의 다른 기회적 전송 알고리즘을 비교하였다. 이 중 우리가 제안한 방법, 즉 위치, 방향, 속도의 정보를 모두 이용한 방법은 기존의 방법보다 효율이 높고 성능이 뛰어난 방법을 제시하였다. 즉 최근 GPS 장비에서 쉽게 얻을 수 있는 이 정보들을 이용함으로써 기회적 전송의 성능을 가시적으로 높일 수 있음을 보였다.

6. 참고 문헌

[1] J. Lebrun, CN. Chuah, D. Ghosal, M. Zhang. Knowledge-Based Opportunistic Forwarding in Vehicular Wireless Ad Hoc Networks. IEEE, 2005.

[2] Berkeley PATH Project. http://path.berkeley.edu/dsrc.

[3] C. Chuah, D. Ghosal, H. Chang, J. Anda, and M. Zhang. Enabling energy demand response with vehicular mesh networks. Conference on Mobile and Wireless Communication Networks, IEEE, 2004.

[4] R. Shah, S. Roy, S. Jan, and W. Brunette. Data mules: Modeling a three-tier architecture for sparse sensor networks. Sensor Network Protocols and Application. IEEE, 2003.

[5] K. Fall, R. Patra, and S. Jain. Routing in a delay tolerant network. SIGCOMM. IEEE, 2004

[6] D. Goodman, J. Borrs, N. Mandayam, and R. Yates. INFOSTATIONS and : A New System Model for Data Messaging Services. Vehicular Technology Conference. IEEE, May 1997.

[7] E. Zegura, M. Ammar, and W. Zhao. A message ferrying approach for data delivery in sparse mobile ad hoc networks. MobiHoc. IEEE, 2004.

[8] X. Lin and I. Stojmenovic. GPS Based Distributed Routing Algorithms for Wireless Networks. Unpublished manuscript, 2000.

[9] Brad Karp and HT Kung. GPSR:Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Newtworks. Proc. of 6th ACM/IEEE MobiCom, pages 243-254, 2000.

[10] ZebraNet. http://www.princeton.edu/mrm/zebranet.html.