

모바일 센서 네트워크를 위한 GPS 기반의 V-Geocast 라우팅 프로토콜

정재균^o, 최 린
고려대학교 전자컴퓨터공학과
kernel^o@korea.ac.kr, lchoi@korea.ac.kr

GPS-based V-Geocast Routing Protocol for Mobile Sensor Networks

Jae Kyun Jung^o Lynn Choi
School of Electric and Computer Engineering
Korea University

요 약

본 논문에서는 이동 노드를 가지는 센서 네트워크와 같은 대규모 애드 혹 네트워크에서 사용가능한 새로운 라우팅 프로토콜을 소개한다. 본 라우팅 프로토콜은 노드의 이동성을 효율적으로 지원하기 위해 GPS를 이용한 위치정보를 이용하며 가상 싱크 기법을 사용하여 위치정보의 빈번한 플러딩 없이 라우팅을 수행할 수 있도록 설계되었다. V-Geocast는 NS-2 시뮬레이터 환경에서 구현하였으며 단순한 Geocast나 AODV와 같은 기존의 애드 혹 라우팅 알고리즘에 대비하여 뛰어난 성능을 가지는 것을 확인 하였다.

1. 서 론

앞으로 다가올 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대[1]에는 방대한 양의 센서 노드들이 지진 관측, 해일 측정, 전쟁터의 무인 감시, 집, 사무실, 원격 환자 진단과 감시, 동물들의 주거지 관찰 등 수많은 새로운 응용에 사용될 것으로 예측되고 있다. 이러한 센서 네트워크에 대한 기존 연구들은 대부분 고정된 노드를 가정하고 있어서 노드가 이동하는 환경에서 센서 네트워크에 대해서는 적절한 솔루션이 되지 못하는 실정이다.

본 논문에서는 이동 가능한 센서 노드들로 구성된 네트워크는 각 노드의 위치가 동적으로 변하므로 기존의 센서 네트워크용 라우팅 알고리즘을 사용할 경우 동일한 목적지로의 경로가 지속적으로 갱신되어야 하고, 이를 위한 경로 탐색 및 유지에 의한 오버헤드가 증가하는 문제점이 있다. 본 논문에서 제안하는 모바일 센서 네트워크 프로토콜인 V-Geocast에서는 노드 가상 싱크 기법을 사용한 라우팅 알고리즘을 통해 이러한 문제를 해결하고자 한다.

2. 본 론

2.1 Geocast 라우팅을 이용한 노드 이동성 지원

로봇에 장착된 센서들은 로봇의 움직임에 따라 이동하므로 라우팅 프로토콜은 이러한 센서들의 이동성을 지원할 수 있어야 한다. 또한 일반적인 저가형 센서 노드와 달리 로봇을 이용한 센서 노드의 경우 GPS 모듈의 탑재가 용이하며, 이를 이용해 각 센서 노드의 위치 정보를 획득할 수 있다. GPS를 이용

한 라우팅 프로토콜은 각 노드의 위치정보를 활용할 수 있으므로 목적 노드의 위치 정보가 알려진 경우 플러딩 없이 geocast 형태로 데이터 전송이 가능하다. 따라서 전체 네트워크에 대한 라우팅 테이블의 관리 및 갱신이 불필요하고, 네트워크 내의 트래픽 오버헤드를 줄일 수 있다. GPS 모듈이 없는 저가의 로봇인 경우는 GPS 모듈이 장착된 이동 싱크들로부터 beacon 신호를 이용하여 localization 기법을 통해 노드 위치 계산을 가정한다.

2.2 가상 싱크 기법과 로테이션

가상 싱크 노드는 싱크의 역할을 대행하는 센서 노드이다. 따라서 가상 싱크 노드로 선정된 센서 노드는 소스로부터의 데이터를 모으고, 실제 싱크로 모아진 데이터를 전달한다. 특히, 이동성을 가진 노드간의 통신을 위해서는 각 노드에 대한 위치 및 경로 정보를 유지하고 지속적인 갱신을 통해 동적으로 경로를 수정해야 한다. 일반적으로 이러한 경로 탐색은 플러딩을 통해 수행되는데 싱크가 증가함에 따라 과도한 트래픽을 발생시켜 프로토콜의 성능을 저하시키게 된다. 따라서 가상 싱크 기법에서는 이동노드중 하나를 가상 싱크 노드로 지정하는 방법을 사용한다. 이 가상 싱크 노드는 네트워크에서 싱크의 역할을 대신하게 되며 이를 통해 가상 싱크 노드를 제외한 다른 센서 노드들은 여러 싱크노드의 위치 탐색을 할 필요가 없고 단지 가상 싱크의 위치만 기억하고 가상 싱크에게만 데이터를 전송하면 되는 이점을 제공한다. 그리고 로테이션은 이러한 가상 싱크 노드를 주기적으로 교대하여 네트워크의 에너지 소모를 분산시킨다.

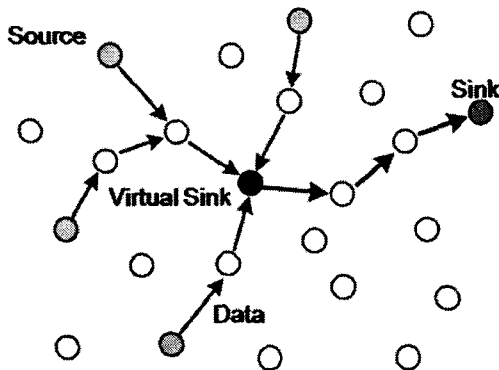


그림 1. 가상 싱크 기법의 예

2.3 우회 경로 탐색 기능

일반적인 geo-cast 방식의 라우팅 알고리즘은 네트워크에서 홀이 발생하였을 때, 데이터가 정제되는 현상이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 V-Geocast에서는 history를 이용한 우회 경로 탐색과 AODV와 같은 RREQ/RREP를 이용한 우회경로 탐색을 제안한다. History를 이용한 방식은 가상 싱크의 위치 정보 전달 메시지를 이용하여 노드들의 라우팅 정보를 갱신하는 방법이다. 즉, V-Geocast로 동작하던 중 네트워크 홀이 발생하였을 때, History를 이용한 우회 경로 탐색이 이루어지게 된다. 그런데 History를 이용하는 방식에서도 노드의 움직임에 의해 이웃 노드 테이블 정보와 실제 상황에 차이가 발생할 수 있으며 이로 인해 우회 경로 탐색이 이루어지지 않을 수 있다. 이러한 상황에서는 AODV에서와 같이 RREQ/RREP를 이용한 우회 경로를 탐색하게 된다.

2.3.1 History를 이용한 우회 경로 탐색 기능

History를 이용한 우회 경로 탐색 기능은 가상 싱크가 움직이는 경우 지속적으로 변경되는 가상 싱크의 위치를 알리기 위해 주기적으로 브로드캐스트하는 위치 정보 전달 메시지를 이용하여 라우팅 정보를 갱신하는 방법이다. 즉, 브로드캐스트가 발생할 때 모든 노드가 적어도 한 번은 위치 정보 전달 메시지를 수신하는 점을 이용하는 것으로, 노드들은 자신이 주변의 어떤 노드로부터 위치 정보 전달 메시지를 받았는지 알 수 있으므로 이러한 정보를 라우팅 경로 설정에 반영하여 사용하는 방법이다. 이러한 정보는 데이터의 전달 방향에 홀이 발생하여 데이터가 전달되지 못하는 경우에 홀을 회피하기 위한 방법으로 사용된다. 하지만 노드들의 이동성에 따라 실제 네트워크 상황과 각 노드의 이웃 노드 테이블의 정보에 차이가 발생할 수 있다. 이러한 경우 history 정보와 실제 상황이 다르므로 이를 이용한 우회 경로 탐색 기능이 동작하지 않게 된다. 특히, V-Geocast에서 가상 싱크 노드의 움직임에 따라 위치 정보 전달 메시지가 브로드캐스트되는 간격이 달라지는데, 가상싱크가 움직이지 않게 되어 메시지 전달 간격이 길어진 상황에서 네트워크 내의 노드들의 움직임이 커진 경우 이러한 문제가 발생할 확률이 커질 것이다.

2.3.2 RREQ/RREP를 통한 우회 경로 탐색 기능

V-Geocast에서 History를 이용하여 우회 경로를 탐색할 수 없는 경우에는 RREQ/RREP를 이용하여 우회 경로를 탐색할 수 있다. 이 때 네트워크 내의 통신을 가상 싱크의 통신 대상에 따라 소스와 통신하는 many-to-one 방식과 싱크와 통신하는 one-to-one 방식으로 구분한다. 먼저 소스와 통신에서 홀이 발생하였을 때, 해당 노드가 자신의 주소와 메시지 타입을 포함하는 RREQ를 브로드캐스트한다. 플러딩을 통해 RREQ를 수신한 가상 싱크는 자신의 주소 및 위치 정보를 포함하는 RREP를 소스 노드에게 브로드캐스트를 통해 전달한다. 이 때, 기존의 AODV와 달리 RREP를 브로드캐스트를 사용하는 것은 후에 발생하게 될 홀 또한 피할 수 있게 되므로 중복적으로 RREQ와 RREP를 발생시키지 않는 장점을 얻을 수 있다. 소스 노드가 RREP를 받으면, 갱신된 forward 노드 테이블의 경로를 통하여 데이터를 전송하게 된다. 이 방식은 홀이 발생하였을 때 효과적으로 대처할 수 있는 방법으로 주변 노드들도 이전에 전송된 RREQ/RREP를 이용하여 데이터를 전송할 수 있으므로, V-Geocast에서 발생하는 네트워크 홀의 문제를 효과적으로 대처할 수 있게 된다. 다음으로 가상 싱크와 싱크 사이에서 홀이 발생하였을 때는 위와 동일한 방식으로 RREQ를 발생시키고, RREQ를 받은 싱크는 unicast를 통하여 RREP를 발생시킨다. 즉, RREP에 가상 싱크가 전송하는 RREP와 달리 forward 노드 주소가 추가된다. RREQ를 받았을 때 각 노드는 가장 먼저 받은 노드를 forward 노드로 설정하게 되고, RREP를 받았을 때, 해당 forward 노드로 데이터를 전송하게 된다.

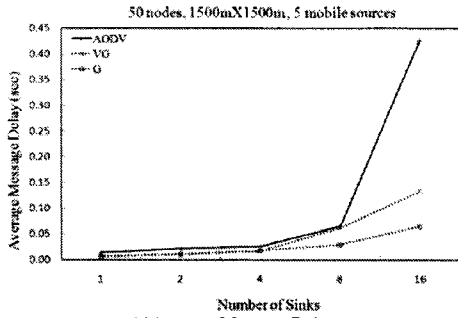
3. 평가 및 분석

이 장에서는 가상 앵커 싱크 로테이션을 MANET의 라우팅 프로토콜인 AODV[2]와 가상 싱크를 사용하지 않는 Geocast 방식[G]과 비교분석을 통하여 성능을 평가할 것이다. V-Geocast[VG]는 NS-2 시뮬레이터[3]에 구현되었으며 50개의 노드에 Group Mobility 모델[4]을 적용하여 실험하였다. 또한 센서 네트워크 환경을 위한 에너지 모델을 적용하여, idle listening 은 35mW, 수신할 때 파워 소모는 395mW, 전송할 때 파워 소모는 660mW로 설정하였다. 각 노드의 속도는 0 ~ 5m/s 사이, 정지시간은 0 ~ 30 초 사이에서 랜덤하게 설정하도록 하였다. 노드 이동시 3초 마다 주변에 위치 정보를 전달하도록 하였으며 정지해 있는 노드에 대해서는 6초를 적용하였다. 필드내의 각 소스는 초당 1개의 전송할 데이터를 생성하고, 각 데이터의 크기는 65byte로 설정하였다.

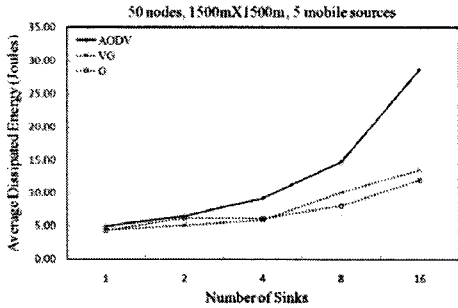
3.1 AODV와 G와 VG의 실험 분석

3.1.1 싱크 수 변화에 따른 실험 결과

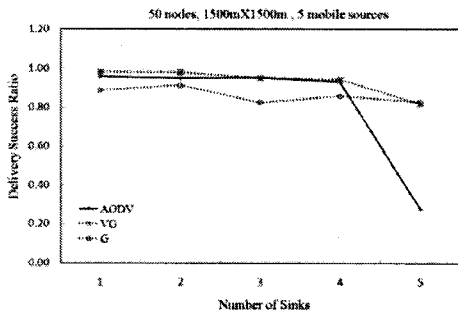
그림 2은 싱크의 수를 점차적으로 증가시켜가며 V-Geocast[VG]와 AODV, Virtual Sink를 사용하지 않은



(a) Average Message Delay



(b) Average Dissipated Energy



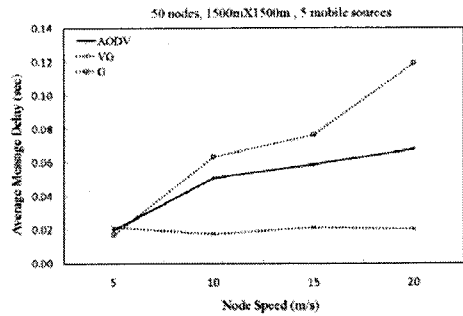
(c) Delivery Success Ratio

그림 2. 싱크 수 변화에 실험 결과

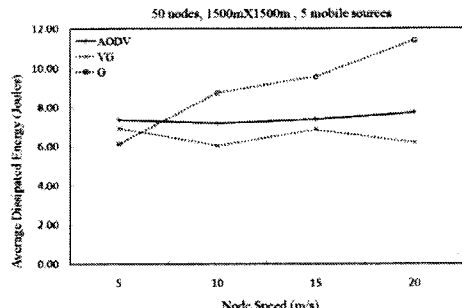
Geocast[G]의 성능을 측정된 결과이다. 그림 2. (a)는 평균 메시지 지연 시간을 보여주는데 그림에서 나타나는 것과 같이 싱크 수가 늘어나면서 AODV의 지연시간이 늘어남을 확인할 수 있었다. 이는 싱크 수가 늘어남에 따라 그에 따른 AODV의 플루딩이 증가하므로 이러한 트래픽의 증가로 지연시간이 늘어났 것이다. 하지만 가상 싱크 로테이션의 경우 싱크가 늘어나도 이러한 플루딩이 증가하지 않았기 때문에 비교적 일정한 전송 지연시간을 나타내었다. 그림 2. (b)는 평균 에너지 소모량인데 역시 싱크가 증가할수록 과도한 플루딩이 발생하는 AODV의 에너지 소모가 가상 싱크 로테이션보다 많음을 확인할 수 있었다. 하지만, 싱크 증가에 따라 G는 VG와 비슷한 성능을 보여주었다.

3.1.2 속도 변화에 따른 실험 결과

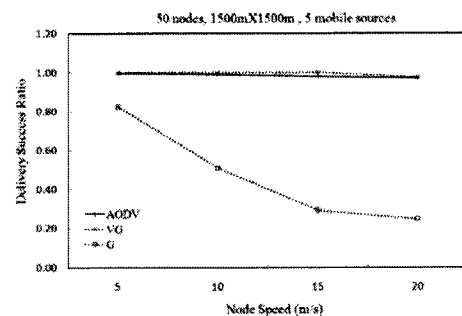
이 실험에서는 노드가 이동하는 속도를 점차적으로 증가시켜



(a) Average Message Delay



(b) Average Dissipated Energy



(c) Delivery Success Ratio

그림 3. 노드 속도에 따른 실험 결과

가며 V-Geocast의 성능과 에너지 소모를 평가하였다. 각 실험에서 5개의 소스와 4개의 싱크가 있는 것으로 설정하였으며 노드의 이동속도를 0m/s ~ 20m/s까지 늘려가며 평균 메시지 지연시간, 평균 소모된 에너지, 메시지 전송 효율 등을 측정하였다. 그림 3는 노드 속도에 따라 AODV에 비하여 VG와 G가 월등한 성능을 보여줌을 알 수 있다. 이는 속도에 따라 주변 노드의 변화가 심하고 플루딩이 잦아 지연 시간과 에너지가 증가 것을 알 수 있다. Virtual Sink를 사용하지 않은 G와 VG가 메시지 지연 시간과 평균 소모된 에너지 면에서 비슷한 성능을 보여주고 있다. 하지만 G는 속도가 증가함에 따라 데이터 성공 빈도가 크게 떨어지는 결과를 보여주었다. 이는 Multiple Sink인 경우, 가상 싱크로 고정된 상황과 다르게 속도가 증가함에 따라 Sink의 위치를 다른 Sink들이 추적하기 힘들고, Sink가 Virtual Sink의 역할을 하기 때문에 해당 Sink가 받지 못한 데이터는 다른 데이터가 받을 수 없으므로 데이터 성공 빈도가 떨어질 수밖에 없다. 모바일 센서 네트워크 상황에 Multiple

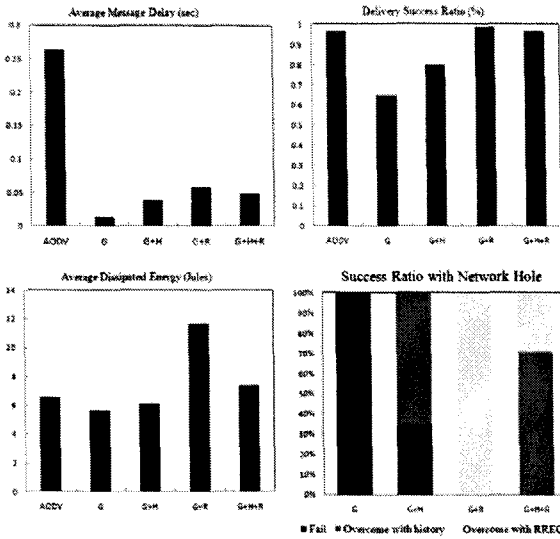


그림 4. 네트워크 홀에 따른 실험 결과

Sink를 지원하기 위해 V-Geocast가 더 효과적인 것을 실험을 통하여 알 수 있다.

3.2 네트워크 홀에 따른 실험 결과

다음은 발생하는 네트워크 홀에 따라 V-Geocast의 성능과 에너지 소모를 AODV와 비교 분석한 실험이다. 각 실험에서는 16개의 소스와 1개의 싱크가 있는 것으로 설정하였으며 홀이 발생하는 경우에 따라 AODV, GEOCAST[G], GEOCAST와 HISTORY[G+H], GEOCAST와 RREQ[G+R], GEOCAST와 HISTORY 및 RREQ[G+R+H] 으로부터 동작하는 경우에 대하여 평균 메시지 지연 시간, 평균 소모된 에너지, 평균 메시지 전송 효율을 그래프로 나타낸 것이다. 그림 4의 Latency는 네트워크 홀이 발생하는 경우에 따른 평균 메시지 지연 시간이다. 그래프를 살펴보면, V-Geocast로 동작하는 실험의 경우 평균 메시지 지연 시간이 거의 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 하지만, AODV의 평균 메시지 지연 시간이 V-Geocast에 비하여 매우 크게 증가한 현상을 보인다. 이는 네트워크에 플러딩을 발생시키기 때문에 이러한 과정으로 인해 메시지는 지연하게 되는 것이다.

Energy에서 V-geocast와 AODV는 전체적으로 비슷한 에너지를 소모하였지만, Geocast와 RREQ는 발생하는 홀에 따라 소스에서 플러딩이 발생되고, 다시 가상 싱크 노드에서 플러딩이 발생되므로 에너지 소모가 증가한 것이다. Success Ratio는 홀이 발생하는 경우 따라 Geocast로만 동작하는 경우 성능이 떨어지는 것을 알 수 있다. Network 홀은 홀 발생에 따른 Geocast hole, History Hole, RREQ 홀을 체크하였다. Geocast 홀의 경우 데이터를 보낼 때, 자신보다 가까운 이웃 노드가 없을 경우의 수를 체크하였고, History 홀은 자신의 이웃노드 테이블에 History 노드가 없을 경우의 수를 체크하였다. Geocast의 경우 홀의 발생에 따라 모두 실패한 것을 알 수 있고,

Geocast와 History는 대부분의 Geocast 홀을 History방식으로 해결한 것을 알 수 있다. Geocast와 History는 대부분의 Geocast 홀을 History 노드로 해결한 것을 알 수 있다. Geocast와 RREQ는 RREQ방식으로 모든 홀을 해결하였다. 하지만 이로 인한 에너지 소모가 Geocast와 RREQ 및 History에 비하여 큰 것을 그림 4. Energy를 통하여 알 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 센서 노드가 이동하는 환경을 가정한 센서 네트워크에서 효과적인 데이터 전송을 위한 해결책을 제시하고 있다. 특히 기존 라우팅 프로토콜의 과도한 플러딩을 방지하기 위해 가상 싱크 기법을 사용하여 빈번한 경로 정보로 인한 트래픽을 절감시키는 이 라우팅 프로토콜은 실제 시뮬레이션 결과로도 뛰어난 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다. 또한 최근 광범위하게 응용되고 있는 GPS를 이용한 간단하고 단순한 라우팅이 가능해 이동 노드를 가정한 센서 네트워크 라우팅 프로토콜로 좋은 대안이 될 것으로 기대된다.

앞으로 향후 연구에서는 실내에서는 사용이 불가능한 GPS의 단점을 극복하기 위해 이동 노드 환경에서 GPS를 사용하지 않는 센서 네트워크 라우팅을 연구할 계획이다.

5. 참고문헌

- [1] Weiser, M., "The Computer for the 21st Century", Sci. Amer., pp. 66 - 75, Sept. 1991
- [2] Perkins, M. Royer, "Ad hoc on demand distance vector(AODV) routing", Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, pp. 90-100, February 1999.
- [3] The Network Simulator ns-2 Documentation, <http://www.isi.edu/nsman/ns>.
- [4] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A survey of mobility models for ad hoc network research", Wireless Communications and Mobile Computing (WCWC), 2(5), pp483-502, 2002