2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007. 7. 18 - 20

센서네트워크에서 버추얼 코디네이트를 이용한 위치기반 라우팅 기법

장형준, 박귀태
고려대학교 전자전기공학과

Simultaneous Localization and Routing in Wireless Sensor Network Using Virtual Coordinates

Hyeong-Jun Chang, Gwi-Tae Park
School of Electrical Engineering, Korea University

Abstract - 무선센서네트워크는 컴퓨팅 기술능력과 무선 통신 능력을 지닌 센서 노드들을 이용하여 자율적으로 네트워크를 형성하고 상호간에 정보를 전달한다. 최근 무선센서네트워크 기술이 유비쿼터스 사회의 핵심 기술로 부각되면서 넓은 범위의 지역에서 센싱된 데이터를 활용하는 부분에 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 센서네트워크에서 확장성을 고려하기 위하여 위치기반의 라우팅 기법이 사용된다. 실제위치를 이용한 방법은 GPS를 사용하여 노드의 위치를 파악한다. 그러나 이 방법은 센서노드의 프로세서 및 메모리의 용량을 초과하고, 실내에서 사용할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 가상좌표(Virtual coordinates) 개념을 이용하여 특정 비콘노드로 부터의 홉수를 계산하여 센서노드의 위치를 계산하고, Greedy 방식의 라우팅을 통하여 실제 위치를 이용한 방법과 비교한다.

1. 서 론

Ad hoc 통신망은 기지국과 같은 고정적인 통신 인프라의 도움 없이 이동성을 갖는 노드만으로 구성된 네트워크이다. Ad hoc 네트워크는 기존의 통신망과는 전혀 다른 환경으로 데이터 전송을 위해 모든 노드들이 호스트의 역할 뿐 아니라 라우터의 역할도 수행해야 한다.

Ad hoc 네트워크의 특징으로 노드의 이동성에 따른 네트워크 토폴로지의 동적인 변화를 들 수 있다. 이러한 새로운 네트워크 환경에, 기존 유선망에서 사용되던 라우팅 프로토콜을 그대로 적용하기에는 어려운 점이 있기 때문에 Ad hoc 네트워크 환경에 맞는 라우팅 프로토콜의 연구가 활발히 진행되었다. 그 결과, DSDV[1], DSR[2], ADOV[3], GPSR[4] 등과 같은 새로운 라우팅 프로토콜이 제안되었다.

DSDV는 pro-active 라우팅 프로토콜로서 노드간의 주기적인 업데이트 패킷을 주고 받음으로써 네트워크상의 모든 노드에 대한 경로 정보를 라우팅 테이블에 유지 한다.

DSR, AODV와 같은 on-demand 방식의 라우팅 프로토콜들은 필요에 따라 RREQ(Route Request) 패킷을 네트워크 전체에 flooding 하여 목적지까지 경로를 찾는다. DSR에서는 RREQ 패킷에 지나온 노드마다의 ID를 패킷에 기록 했다가 RREP(Route Reply) 패킷을 통해 송신지 노드에게 알려준다. AODV에서는 RREQ패킷이 지나온 노드마다 reverse-path에 대한 정보를 라우팅 테이블에 추가하고, RREP 패킷이 reverse-path를 통해 송신자에게 전달될 때, 송신자에서 목적지 사이의 경로가 중간 노드들의 라우팅 테이블에 추가된다.

이와 같은 DSDV, DSR, AODV는 모두 네트워크 토폴로지에 토대를 둔 라우팅 프로토콜로서, 규모가 큰 Ad hoc 네트워크에는 적합하지 않다. 먼저, DSDV의 경우 네트워크의 규모가 커지면 주고 받는 라우팅 정보의 양이 커지게 되고, 노드마다 유지하는 라우팅 테이블의 크기가 커지는 문제가 있다. 그리고 DSR과 AODV의 경우, 경로를 찾기 위해 RREQ 패킷을 전체 네트워크에 flooding 해야 하므로 네트워크의 규모가 커질 수록 경로 설정을 위한 오버헤드도 커지게 된다. 또한 DSR의 경우, 네트워크의 규모가 커지면 소스 라우팅을 위한 ID의 리스트 길이가 늘어나기 때문에 RREQ 패킷과 RREP 패킷, 그리고 경로 캐시(Route cache)의 크기가 지나치게 커질 수 있다.

GPSR과 같은 Geographic 라우팅 프로토콜은 일반적인 라우팅 프로토콜과는 달리 노드의 위치정보를 이용하여 패킷을 전달한다. 노드의 위치 정보는 GPS와 같은 시스템을 이용하여 구할 수 있다고 가정한다. 그리고 각각의 노드는 주기적인 Hello 패킷을 주고 받음으로써 이웃 노드의 위치정보를 유지한다. 송신자가 목적지 노드에게 패킷을 전송하고자 할 경우, 송신자는 자신의 이웃 노드 중 목적지와 가장 가까운 노드에게 패킷을 전송한다. 그러면 이를 수신한 노드는 자신이 목적지 노드인지 검사한다. 만약 그렇지 않다면 송신자와 마찬가지로 자신의 이웃 노드중 목적지 노드에 가장 가까운 노드에게 패킷을 전달한다. 이러한 과정을 반복하면 패킷은 목적지 노드에게 전달된다.

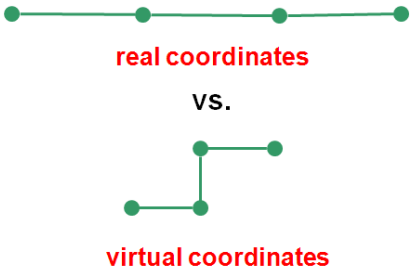
위치기반의 라우팅 기법은 최근 연구 분야중에서 가장 활발한 연구가 진행되고 있는 분야이다. 하지만 기존의 위치기반 라우팅 기법은 노드가 자신의 위치를 안다고 가정하거나 GPS 장치를 탑재한다고 가정한다. GPS 장치를 탑재하는 경우 센서노드의 배터리 사용을 크게 증가시킬 뿐 아니라 실내에서 사용할 수 없다는 단점이 있으며, 프로세서 용량의 한계로 현실적으로 최적의 방법이 아니다.

따라서 본 논문에서는 실제 위치를 기반으로 하는 라우팅 알고리즘이 아닌 노드의 연결성을 중요시 여기는 가상좌표계(Virtual coordinates) 방법을 이용하여 전체 노드의 위치를 파악하고, Greedy 방식의 알고리즘을 적용하여 실제 위치를 기반한 라우팅 기법과 비교하게 된다.

서론에 이어 본론에서는 가상좌표계의 개념 및 노드에 좌표를 지정하는 방법에 대해서 설명한다. 또 Greedy 방식의 라우팅이 실제로 어떻게 구현되는지에 대해서 설명하고 마지막으로 결론을 맺는다.

2. 본 론

2.1 가상좌표



〈그림 1〉 실제좌표와 가상좌표의 차이

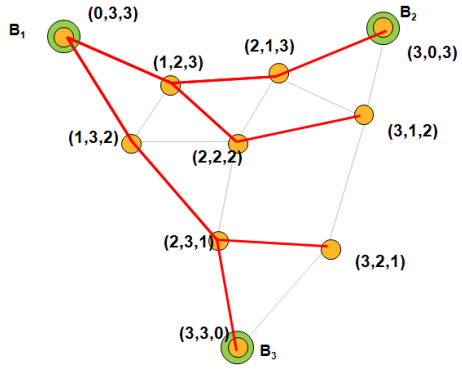
본 논문에서는 센서네트워크에서의 라우팅을 위하여 가상좌표를 이용하였다. 노드의 실제위치를 이용해서 라우팅을 하는 것이 최적의 방법이긴 하나, 현실적인 문제로 가상의 좌표를 이용한다는 것은 앞서 서론에서 설명하였다.

가상좌표라는 것은, 센서 노드들의 이웃 노드간의 관계에 중점을 둔 방법으로써, 실제적인 위치보다는 노드들의 연결성에 더 관심을 갖는 방법이다. 이 방법은 정확한 위치를 파악해야하는 위치검색 응용에는 사용이 어렵겠지만, 데이터 전송 자체에는 문제가 없고 장애물이 있는 경우에 유용할 것으로 보인다.

그림1에서 볼 수 있듯이, 가상좌표는 실제 좌표와 다르 형태를 띈 수도 있지만, 연결성은 확보할 수 있다는 것을 보여준다.

2.2 가상좌표의 설계

각각의 노드에 가상좌표를 지정하기 위해서는 좌표계로 사용되는 비콘 노드를 지정하고, 각각의 노드는 이 비콘 노드로부터의 거리(홉수)를 통해 자신의 좌표를 지정한다. 이때, 각각의 비콘 노드는 네트워크 초기 설정시에 전체 네트워크에 Reversed path tree를 구성하여 모든 노드가 자신의 자식 노드로 구성될 수 있고, path가 연결 되도록 구성을 한다.



〈그림 2〉 비콘노드를 이용한 가상좌표 설정

그림1에서 볼 수 있듯이 비콘노드는 3개 고정이 되어있다. 각각의 노드는 3개의 coordinate을 갖게 되는데, 각 coordinate은 비콘으로부터의 홉수를 나타내게 된다. 센서네트워크에서는 수많은 노드가 존재하기 때문에 각각의 노드에 ID를 적용시킬 수 없는 한계가 있다. 이를 naming problem 이라 하여 각각의 노드를 독립적으로 구별 할 수 있는 방법이 없는데, 가상좌표를 설정하게 되면 각 노드를 독립적으로 구별 할 수 있게 된다.

그림 1의 비콘노드1과 같이 비콘노드2,3에서도 reversed-path-tree를 그리고 똑같이 적용시키면 그림1과 같이 네트워크상의 모든 노드가 자신의 좌표를 갖게 된다.

2.3 가상좌표를 이용한 라우팅

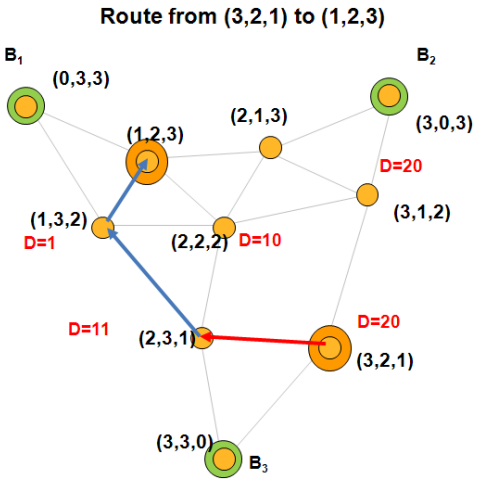
앞서서 노드의 위치를 비콘으로부터의 거리(홉)를 통해서 결정했다. Greedy방식의 라우팅을 적용하기 위해서는 몇가지 고려해야할 점이 있다. 우선 각각의 coordinate을 이용하여 거리를 구하는 공식을 지정하고, greedy방식의 알고리즘이 가지고 있는 local maxima 또는 void 를 회피하는 방법에 대하여 생각해야 한다.

qi 를 비콘 I 로부터 q 까지의 거리(홉) 라고 한다. 이때 r은 비콘 노드의 전체 개수라고 한다. 앞절에서 구한 것처럼 노드 q의 위치는 다음과 같이 나타낼 수 있다. P(q) = <q1,q2,q3...,qr>.

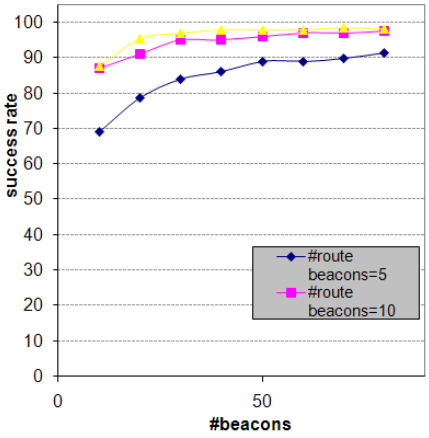
라우팅을 위해서는 이 노드의 위치를 이용한 라우팅 함수가 필요하다. 이때 목적지 노드까지 가기 위하여 선택할 수 있는 다음 노드의 결정이 중요한데, 이 부분에서 같은 값을 갖는 이웃 노드가 나올 수 있으므로 이에 대한 보상도 필요하다. 따라서 라우팅 함수를 다음과 같이 정의한다.

$$dist(p,d) = \sum_{i=1}^{r} W_i * \max(p_i - d_i, 0)$$

이 식을 통하여 목적지 노드로부터 이웃 노드까지의 거리를 구할 수 있는데, 이때 목적지 노드의 방향에 있는 비콘 노드의 coordinate을 계산할때는 weight값으로 10을 설정하고, 그 외의 경우는 1을 설정하여 가고자 하는 목적지방향으로 데이터를 전송하도록 하였다.



〈그림 3〉 가상좌표를 이용한 라우팅



〈그림 4〉 비콘노드 수에 따른 데이터 전송 성공률

3. 결 론

본 논문에서는 가상좌표를 이용하여 각각의 노드에 좌표를 설정하고, 이 좌표를 이용하여 Greedy 방식의 라우팅 알고리즘을 적용하였다. Greedy 방식의 라우팅의 경우 기존에 void에 빠지는 경우가 빈번이 발생하였지만, 본 논문의 알고리즘을 이용하는 경우, 각각의 비콘으로부터의 거리를 벡터성분을 이용해 계산함으로써 목적지로 이동하도록 하였고, Weight 값을 설정하여 좀더 가까운 노드로 전송할 수 있도록 하였다. 그 결과 전체 네트워크에서 비콘노드 10개를 설정하였을 때, 96%의 데이터전송 성공률을 보였는데, 이는 실제 위치를 기반으로 한 위치기반의 라우팅 방법의 데이터 전송 성공률과 비슷한 수치이다.

따라서 본 논문의 알고리즘이 실제 위치와 비교하여 비슷한 결과를 가져왔다는 것을 알 수 있었고, 앞으로의 연구과제로는 장애물이 있는 경우 회피할 수 있는 방법과 다른 가상 좌표를 이용한 라우팅 알고리즘과 비교가 있다.

[참 고 문 헌]

[1] A.Rao, C. Papadimitriou, S. Shenker, and I. Stoica. Geographic Routing without Location Information. MoBiCom'03

[2] R. Fonseca, S. Ratnasamy, J. Zhao, C. T. Ee, D. Culler, S. Shenker and I. Stoica, Beacon Vector Routing calable Pointto-Point Routing in Wireless Sensornets, NSDI'05, 2005

[3] GLIDER : Gradient Landmark-Based Distributed Routing for Sensornets.

[4] Karp,B., and Kung,H.t.GPSR : Greedy Perimeter Stateless Routing.In proceedings of the 6th annual Mobicom2000, ACM press,pp.243-254