

센서 네트워크에서 모바일 싱크를 위한 8방향 앵커 시스템과 위치기반 최단거리 전송 프로토콜

전현재, 추현승
성균관대학교 정보통신공학부
e-mail: jeonnow@skku.edu

Eight-Direction Anchor system and Location-based Shortest Relay in Wireless Sensor Networks with Mobile Sinks

Hyeonjae Jeon and Hyunseung Choo
School of Information and Communication Engineering
Sungkyunkwan University, Korea

요 약

센서노드는 무선 센서네트워크를 통해서 감지한 정보를 싱크에게 전송한다. 최근 휴대 무선장비의 이용률 증가로 센서네트워크에서 데이터를 수집하는 싱크를 휴대 무선장비로 대체하여 이동성을 보장하는 연구가 활발히 진행된다. 즉, 싱크가 이동성을 가짐으로써 센서노드가 감지한 정보를 전달하는 방법이 중요한 문제로 부각되고 있다. 따라서 모바일 싱크의 위치를 효율적으로 알리고, 다중 소스노드에서 다중 싱크로 정보를 전달하는 것이 필요하다. 특히, 고정된 싱크에서 사용하던 데이터 전송경로는 모바일 싱크 환경에서 더 이상 효율적이지 못하다. 본 논문에서는 소스노드의 위치정보를 제공하기 위한 서버로서 8방향 앵커시스템(Eight-Direction Anchor system: EDA)을 제안한다. EDA는 센서네트워크의 가장자리에 위치한 센서노드의 편중된 에너지 소모를 막고, 전체 센서노드를 균형적으로 사용함으로써 균등한 에너지 소모를 보장한다. 또한, 모바일 싱크가 소스노드로부터 데이터를 연속적으로 받기위해서 위치기반 최단거리 전송(Location-based Shortest Relay: LSR) 프로토콜을 제안한다. LSR은 소스노드에서 싱크로의 우회하는 경로를 막고, 최소 지연경로를 통하여 연속적인 데이터 전송을 보장한다. 실험결과를 통해서 제안 프로토콜은 효율적인 위치서비스의 제공뿐만 아니라, 다중 소스와 다중 모바일 싱크 환경에서 평균 데이터 전송 비용절감 효과를 얻을 수 있음을 보인다.

1. 서론

최근 무선통신과 마이크로 전자기계시스템(Micro Electro Mechanical Systems: MEMS) 기술의 발전은 규모가 큰 무선 센서네트워크를 가능하게 하였다 [1]. 이러한 센서네트워크는 군사용, 환경 감시용, 산업용 등 다양한 분야에서 폭넓게 사용한다. 특히 애드혹 네트워크와는 달리 센서노드의 제약적인 에너지 때문에 에너지 효율적인 프로토콜은 단연 중요한 화두이다 [2]. 현재 센서네트워크에서 대부분의 연구들이 고정된 싱크에 초점을 맞추고 있지만, 휴대전화와 PDA등과 같이 이동단말의 수요가 늘어나면서 모바일 싱크를 지원하기 위한 연구가 필요하다 [3-4].

예를 들어, 군인들이 전장지역에서 적군의 출현 정보를 수집한다고 가정하자 [4]. 여기에서 수집된 정보를 모으는 군인은 싱크의 역할을 한다. 따라서 군인에게 연속적인 데이터 전송을 위해서는 센서노드의 에너지 소모를 줄여야 한다. 이러한 시나리오

를 토대로, 본 논문에서는 싱크의 이동성을 효율적으로 보장 할 뿐만 아니라, 센서노드의 에너지를 효율적으로 사용할 수 있는 프로토콜을 제안한다. 본 논문의 주요 기법은 다음과 같다.

- 1) 본 논문은 싱크 기반의 전역적인 그리드 구조를 제안한다. 이러한 그리드를 이용하여 소스노드마다 그리드를 반복적으로 생성하는 것을 막고, 싱크가 원할 때 소스노드의 위치정보를 획득할 수 있다. 또한 모바일 싱크를 지원하기 위해서는 전역적인 그리드를 사용하지 않는다.
- 2) 본 논문은 8방향 앵커시스템(Eight-Direction Anchor system: EDA)을 제안한다. EDA는 센서네트워크의 가장자리에 위치한 센서노드의 편중된 에너지 소모를 막고, 전체 센서노드를 균형적으로 사용함으로써 균등한 에너지 소모를 보장한다.
- 3) 본 논문은 위치기반 최단거리 전송 (Location-based Shortest Relay: LSR) 프로토콜을 제안한

다. LSR은 소스노드에서 싱크로의 우회하는 경로를 막고, 최소 지연경로를 통하여 연속적인 데이터 전송을 보장한다.

- 4) 본 논문의 성능평가를 위해서 JAVA로 구현을 하였으며, 제안기법이 통신비용을 줄일 뿐만 아니라, 에너지의 균등한 소모를 가져오는 것을 볼 수 있다.

본 논문의 나머지 부분의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구에 대해 살펴보고, 3장에서는 제안기법에 대해 자세히 서술하고, 4장에서는 제안기법의 성능을 평가하고, 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

TTDD(Two-Tier Data Dissemination in Large-Scale Wireless Sensor Networks) [4]는 싱크의 이동성을 지원하기 위한 잘 알려진 프로토콜이다. TTDD는 그리드 구조 기반으로 통신하기 때문에 사건을 감지한 소스노드는 사전 준비과정으로써 센서필드를 통하여 그리드 구조를 생성한다. 즉, 소스노드는 그리드의 교차점인 그리드 포인트에 위치한 보급노드를 센서필드 전역에 생성하고, 소스노드의 정보를 얻고자 하는 싱크는 보급노드를 통하여 질의를 하고 질의를 받은 소스노드는 다시 보급노드를 통하여 데이터를 전달해 준다.

ALS(The Anchor Location Service Protocol for Large-scale Wireless Sensor Networks) [6]는 싱크의 위치정보를 제공하기 위한 그리드 기반의 프로토콜이다. 그리드 교차점인 그리드 포인트를 통해 전역적인 그리드 구조를 생성하고, 이를 이용하여 싱크는 자신의 위치정보를 앵커셋업메시지를 통하여 동서남북 4방향으로 전달한다. 그리고 이 메시지는 네트워크 가장자리에 도착했을 때 메시지를 분리하여 왼쪽, 오른쪽으로 전달한다. 따라서 싱크가 자신의 위치를 제공할 때 항상 가장자리 센서노드를 이용한다. 이후 이벤트를 감지한 소스노드는 앵커시스템으로부터 싱크의 위치를 얻어 데이터를 전달한다. 이를 위해서 잘 알려진 위치기반 라우팅 기법인 GPSR [5] 프로토콜을 사용한다.

3. 제안기법

제안기법을 설명하기에 앞서 기본적인 가정사항은 다음과 같다.

- 1) 센서필드는 높은 밀도를 가지는 고정된 센서노드들과 다수의 모바일 싱크를 가지며, 2차원의 사

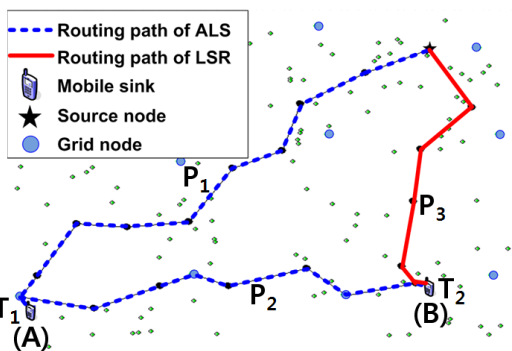
각형으로 구성한다.

- 2) 센서노드는 목적노드와의 통신을 위해서 멀티홉 통신을 한다.
- 3) 각각의 센서노드는 GPS를 통하여 자신의 위치와 1홉 이웃노드들의 위치정보를 알고 있다.
- 4) 센서노드가 이벤트를 감지하면 소스노드가 되고, 소스노드는 8방향 앵커시스템(Eight-Direction Anchor system: EDA)을 이용하여 자신의 위치를 알린다.
- 5) 하나 혹은 다수의 싱크노드는 센서필드에 랜덤하게 존재하며, 싱크는 소스노드의 위치정보를 얻기 위해서 질의를 한다. 이때, 싱크는 소스노드의 위치정보를 모두 얻을 때까지 기다린다.

모든 센서노드가 배치된 후에 센서노드들은 싱크 기반의 전역적인 그리드 생성에 참여한다. 싱크기반의 전역적인 그리드는 자신의 1홉 이웃정보를 통해서 형성한다. 그리드 생성 알고리즘은 기본적으로 그리드 포인트라고 불리는 교차점을 통해서, 그리드 포인트와 가장 가까운 노드를 그리드 노드로 선정한다. 이렇게 센서필드에 모든 그리드 노드가 선정되면, 각 그리드 노드는 자신이 그리드 노드가 되었음을 이웃 그리드노드에게 알린다. ALS와 달리, 제안기법은 싱크가 소스노드의 위치를 획득하면, 더 이상 그리드 노드를 사용하지 않고 즉시 소스노드에게 질의를 하여 통신한다.

ALS는 싱크의 위치정보를 제공할 때 항상 가장자리 노드를 이용함으로써 에너지 소모가 가장자리 주위에 집중된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 제안기법은 8방향 앵커시스템 (Eight-Direction Anchor system: EDA)을 제안한다. 이벤트가 발생하면, 소스노드는 자신과 가장 가까운 그리드 노드를 소스 에이전트로 선정하고, 자신의 위치를 이웃 8개의 노드에게 전송한다. 이를 앵커셋업메시지라고 하며, 앵커셋업메시지는 이웃그리드 노드 사이의 센서노드들과 멀티홉으로 전송한다. 이러한 앵커셋업메시지는 위치기반라우팅 메커니즘을 통해서 이루어진다. 이후, 싱크가 소스노드의 위치정보를 수집하기 위해서 앵커시스템에게 질의를 한다. 싱크는 자신과 가장 가까운 그리드노드를 싱크 에이전트로 선정하고, 4방향으로 질의 메시지를 보낸다. 이 질의메시지가 앵커시스템의 소스정보를 탐지하면 싱크에게 역방향으로 소스노드의 위치정보를 전달한다. 이제 싱크는 GPSR [5] 프로토콜을 이용하여 소스노드와 통신할 수 있다.

싱크는 소스노드로부터 데이터를 받다가 이동할 수 있다. 이를 위해서 위치기반의 최단 전송(Location-based Shortest Relay: LSR)프로토콜을 제안한다. 싱크기반의 전역적인 그리드 노드를 이용하여 싱크는 소스노드의 위치정보를 획득할 수 있다. 이후 싱크는 소스노드와의 통신을 위해서 소스노드에게 질의를 하게 되는데, 이때에는 전역 그리드 노드를 사용하지 않는다. 싱크는 소스노드에게 질의를 하기 위해서 자신과 가장 가까운 일반 센서노드를 선정하여 프라이머리 에이전트(Primary Agent: PA)로 선택한다. 이후 PA를 통해서 소스노드로부터의 데이터를 받을 수 있으며, 싱크가 이동을 할 때에는 이미디어트 에이전트(Immediate Agent: IA)를 선택하여 PA로부터 데이터를 연속적으로 전달받는다. 이때, 소스노드와 PA와의 거리와 소스노드와 IA의 거리를 비교하여 이전거리보다 반 이상 길어지면 새롭게 PA를 선정하여 소스노드에게 위치변경 메시지를 보낸다. 또한, 싱크가 먼 거리로 이동할 때에는, 싱크는 PA에게 자신의 이동을 알리고, PA는 소스노드에게 이 메시지를 전달한다. 이때 소스노드는 전송을 중단하고 싱크에게 전달할 메시지를 저장한다. 이후 싱크가 다시 데이터를 전송하고자 할 때 새로운 PA를 통해서 질의를 하면 현재까지 소스노드가 저장한 데이터를 받을 수 있다. (그림 1)은 최단거리 전송(Location-based Shortest Relay: LSR) 프로토콜을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 모바일 싱크가 시간 T_1 에 (A)지점에 위치



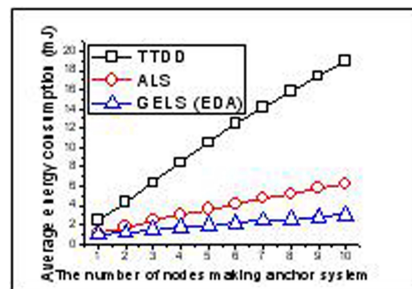
(그림 1) 싱크의 이동성과 데이터 전송을 지원하기 위한 ALS와 LSR의 비교 (시뮬레이터로부터 획득한 예제)

치고, 시간 T_2 에 (B)지점에 각각 위치한다고 할 때, T_1 시간에서 ALS와 LSR의 라우팅 경로는 P_1 로 동일하다. 그러나 T_2 시간에서 ALS와 LSR의 라우팅 경로는 각각 P_1+P_2 , P_3 로 각각 나타난다. LSR은 소스노드와 새롭게 이동한 싱크의 위치에 기반하여 새로운 경로를 제공하기 때문에 가장 짧은 경로

를 얻을 수 있다. 반면에 ALS는 소스노드와 새롭게 이동한 싱크의 거리 고려없이 계속적인 데이터 릴레이만 하기 때문에 우회하는 경로가 발생하게 된다.

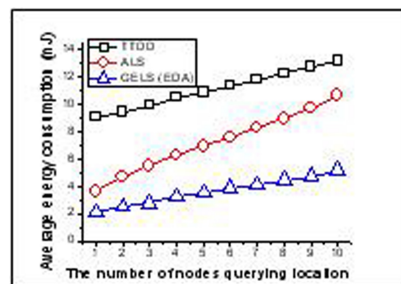
4. 성능평가

성능평가를 위해서 제안기법을 GELS(Grid-based Energy-efficient Location Service)라 하고 각각의 기법인 EDA와 LSR을 ALS, TTDD와 비교하였다. JAVA를 통하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 기본적인 실험환경은 1000m X 1000m의 네트워크 환경에 200개의 고정된 센서노드를 균등하게 배치하고, 이들 중 몇 개를 소스노드로 선택한다. 센서노드의 전파반경은 250m, 그리드 셀의 크기는 200m로 하였다. 싱크의 이동성을 위해서는 Random way-point 모델을 사용하여, 각 실험은 100번의 랜덤한 싱크와 소스노드의 배치를 관찰한 것이다. (그림 2)는 앵커시스템을 형성하기 위한 평균 에너지 소모를 관찰한



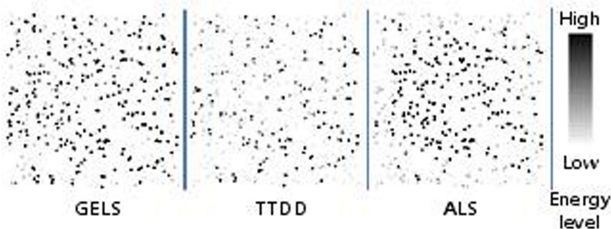
(그림 2) 앵커시스템을 형성하기 위한 평균 에너지 소모

그래프로써, TTDD가 가장 많은 에너지 소모를 하는 것을 볼 수 있다. TTDD는 소스노드의 개수만큼 반복적인 그리드를 생성하기 때문이며, ALS도 외각선 탐색을 통한 앵커시스템 생성이 제안기법의 EDA보다 많은 에너지 소모를 하는 것을 볼 수 있다. (그림 3)은 앵커시스템을 형성하는 노드가 4개일 때 위치를 찾아오는 결과를 나타낸 그래프이다. 그림에서 보는바와 같이 역시 TTDD가 가장 많은 에너지



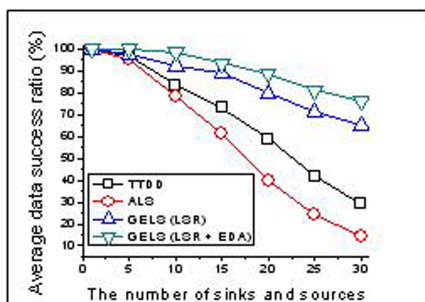
(그림 3) 앵커시스템으로부터 위치획득 평균 에너지 소모 소모를 하는 것을 볼 수 있다. 제안기법은 4방향의

쿼리 전송으로 모든 위치를 탐색하는데 반해, ALS는 앵커시스템 생성과 동일한 방법인 외각선 탐색을 통하여 위치를 찾기 때문에 많은 에너지 소모를 보인다. TTDD는 앵커시스템 생성 비용 자체가 높기 때문에 위치정보를 찾는 데 드는 비용을 합한 그래프에서도 높은 에너지 소모를 나타낸다. (그림 4)는 세 가지 프로토콜의 에너지 소모를 시뮬레이터로부터 추출한 그림이다. 그림에서 보는바와 같이 GELS의 에너지 레벨이 가장 높고 균등하며, TTDD가 가장 많은 에너지 소모를 가지고, ALS는 외각선 노드의 많은 에너지 소모를 볼 수 있다. 마지막으로 (그림 5)는 싱크와 소스노드 수의 증가에 따른 평균 데이터 전송 성공률을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는



(그림 4) 위치획득을 위한 에너지 소모의 분포

바와 같이 제안기법이 싱크와 소스노드의 수가 30개 일 때에도 높은 데이터 전송 성공률을 보이는데 반해 TTDD와 ALS는 낮은 데이터 전송 성공률을 보인다. 특히 지속적인 데이터 발생이 나타났을 때, ALS는 데이터를 릴레이 해주기 때문에 이로 인한 에너지 소모의 증가로 인해 데이터 성공률이 가장 낮은 것을 볼 수 있다.



(그림 5) 평균 데이터 전송 성공률

5. 결론

본 논문에서는 싱크의 이동성을 효율적으로 제공하기 위하여 아래와 같은 문제점을 해결 하였다. 1) 각 소스노드마다 그리드 구조를 생성하여 시스템의 오버헤드가 증가하는 현상을 막기 위하여 싱크 기반의 전역적인 그리드 구조를 제안하였다. 2) 네트워크

가장자리에 위치한 센서노드에 집중된 에너지 소모를 해결하기 위하여 8방향 앵커시스템(Eight-Direction Anchor system: EDA)을 제안하였다. 3) 싱크가 이동하면서 최소 전송지연으로 연속적인 데이터를 받기 위하여 위치기반의 최단거리 전송(Location-based Shortest Relay: LSR) 기법을 제안하였다. 실험결과를 통하여 EDA와 LSR를 적용한 제안기법은 센서노드들의 에너지 소모를 줄이고, 통신오버헤드를 감소시킴을 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-(C100-0801-0046)).
교신저자: 추현승.

참고문헌

- [1] I.Akyildiz, W. Su, Y Sankarasubramanizm, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, pp. 102-116, August 2002.
- [2] G. Zhou, T. He, S. Krishnamurthy, and J. A. Stankovic, "Models and Solutions for Radio irregularity in Wireless Sensor Networks," ACM Transactions on Sensor Networks, 2006.
- [3] H. Pham, and S. Jha, "An Adaptive Mobility-Aware MAC protocol for Sensor Networks(MS-MAC)," Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, 2004 IEEE International Conference on pp. 558-560, October 2004.
- [4] H. Luo, F. Ye, J. Cheng, S. Lu, and L. Zhang, "TTDD: Two-Tier Data Dissemination in Large-Scale Wireless Sensor Networks," ACM journal of Mobile Networks and Applications (MONET) Special Issue on ACM MOBICOM, 2003.
- [5] B. Karp and H. T. Kung, "Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks," In ACM/IEEE MOBICOM, pp. 243-254, 2000.
- [6] R. Zhang, H. Zhao, and M. A. Labrador, "The Anchor Location Service (ALS) Protocol for Large-scale Wireless Sensor Networks," ACM proceedings of the First International Conference on Integrated Internet Ad hoc and Sensor Networks, May 2006.