

# 무선센서네트워크에서 2 홉 거리 앵커노드를 이용한 분산 위치 측정

김태영, 배동주, 손민한, 추현승  
성균관대학교 정보통신공학부  
e-mail : {buzz317, mirine27, minari95, choo}@skku.edu

## Low-cost Localization using 2-hop Distance Anchors in Wireless Sensor Networks

Taeyoung Kim, Dongju Bae, Minhan Shon, Hyunseung Choo  
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

무선센서네트워크에서 많은 응용 프로그램들이 센서노드들의 위치 정보를 기반하기 때문에 센서노드에 대한 위치 측정은 매우 중요하다. 본 논문은 위치 정보를 알고 있는 소수의 앵커노드들을 사용하여 위치 측정 정확도를 높이고 주어진 위치 정보 메시지의 교환 비용을 줄이는 분산 위치 측정 기법인 Low-cost Localization using 2-hop Distance Anchors (LLTA)를 제안한다. LLTA는 높은 위치 측정 정확도를 위해 각각의 센서노드로부터 2 홉 거리 이내의 센서노드들의 위치 정보를 모으는 2-홉 플러딩을 사용한다. 또한 2-홉 플러딩을 통해 얻은 위치 정보를 이용하여 센서노드가 위치할 수 있는 지역을 계산한 후 그리드 스캔 알고리즘을 사용하여 센서노드의 더 정확한 위치를 계산한다. 시뮬레이션 결과를 통해 LLTA가 기존의 위치 측정 기법들보다 위치 측정 정확도가 더 높고, 위치 정보 전달 비용이 더 낮음을 보인다.

### 1. 서론

무선센서네트워크에서 물체의 위치 추적, 자연재해 및 산업 지역 탐사, 위치기반 라우팅과 같은 응용 프로그램들은 센서노드들에게 정확한 위치 정보가 주어질 경우에만 가능하다. 센서노드들에게 정확한 위치 정보를 제공하기 위한 가장 간단한 방법은 모든 센서노드들에게 GPS(Global Positioning System)를 장착하도록 하는 것이다. 하지만 저가의 센서노드들 수 천 개로 이루어진 무선센서네트워크에서 모든 센서 노드들에게 GPS 등 위치를 알게 하는 추가적인 장치를 장착하는 것은 현실적이지 못하다. 따라서 무선센서네트워크에서 추가적인 장치 없이 모든 센서노드들이 위치를 알게 하는 위치 측정 기법에 대한 연구는 매우 중요하다.

본 논문에서는 Low-cost Localization using 2-hop Distance Anchors(LLTA)를 제안한다. LLTA는 GPS 등의 방법을 이용하여 자신의 위치를 알고 있는 소수의 센서노드인 앵커노드의 위치 정보를 이용하여 위치를 알지 못하는 센서노드인 일반노드의 측정한다. LLTA는 정확한 위치 측정을 위해 2-홉 플러딩을 이용하여 일반노드가 2 홉 거리 이내에 존재하는 앵커노드의 위치 정보까지 이용하도록 한다. 그리고 일반노드는 앵커노드들의 위치 정보와 그리드 스캔 알고리즘을 사용하여 위치를 측정한다. LLTA는 효율적인 2-홉 플러딩을 사용하여 위치 정보 교환 비용이 기존 기법보다 더 적지만, 2 홉 거리의 앵커노드와 그

리드 스캔 알고리즘을 사용하여 기존 기법보다 더 높은 위치 측정 정확도를 보여준다.

### 2. 관련 연구

높은 위치 측정 정확도를 보여주는 분산 위치 측정 기법으로 DRLS[1]가 제안되었다. DRLS는 2-홉 플러딩을 사용하여 이웃하는 앵커노드들의 위치 정보뿐만 아니라 앵커노드로부터 2 홉 거리에 떨어진 앵커노드들의 위치 정보도 이용해서 위치 측정을 수행한다. 먼저 일반노드로부터 1 홉 거리에 위치한 앵커노드로부터 Estimative Rectangle(ER)을 만들고 그리드 스캔 알고리즘을 사용하여 초기 위치 측정을 수행한다. 그 후에 1 홉 거리의 앵커노드로부터 2 홉 거리 이내에 있는 앵커노드들을 이용해 벡터에 기반한 refinement를 수행하여 일반노드의 최종 위치를 결정한다. 하지만 앵커노드를 기준으로 한 2-홉 플러딩은 효율적이지 못하고, 벡터 기반의 refinement 과정은 위치 오차를 더욱 키울 수 있는 단점이 있다.

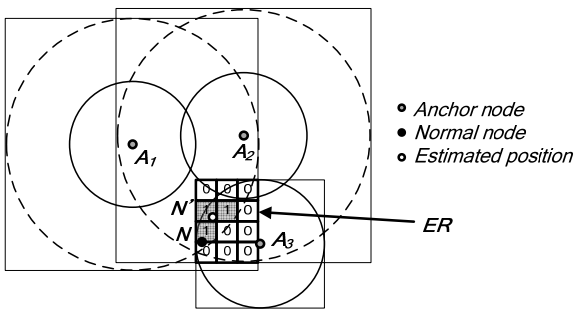
### 3. 제안 기법

본 논문은 DRLS의 단점을 해결하여 더 적은 위치 정보 교환 비용으로 더 정확한 위치측정이 가능하도록 하는 LLTA를 제안한다. LLTA는 3개의 단계로 구성한다. 앵커노드 선정 단계에서, 각 앵커노드들은 자신의 정보를 자신으로부터 2 홉 거리 이내에 위치한 일반

노드들에게 2-홉 플러딩을 이용하여 전송한다. 이때 각각의 일반노드들은 1 홉 거리 이내의 앵커노드들을 한 홉 앵커노드, 2 홉 거리 이내의 앵커노드들을 두 홉 앵커노드라고 저장한다.

ER 구성 단계에서, 각 일반노드들은 알고 있는 앵커노드들의 위치정보를 이용하여 ER 을 구성한다. 한 홉 앵커노드를 기준으로 데이터 전송 반경  $r$  로 만들어지는 원에 외접하는 사각형을 그리고, 두 홉 앵커노드를 기준으로 데이터 전송 반경의 2 배인  $2r$  로 만들어지는 원에 외접하는 사각형을 그린다. 그 후 각 사각형들의 중첩 지역을 ER 로 정한다.

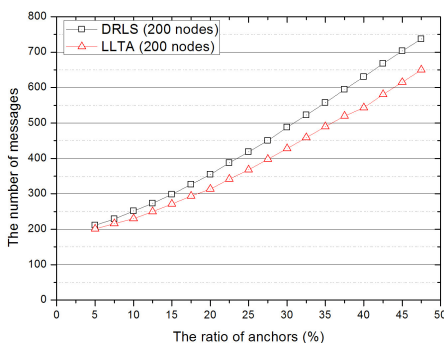
그리드 스캔 단계에서, ER 을 구성한 일반노드들은 ER 을 일정 크기의 그리드로 나누어 각 셀들이 일반노드가 위치할 수 있는 지역에 위치하는지 여부를 확인한다. 이때 두 홉 앵커노드로부터  $2r$  외부의 셀들과  $r$  내부의 셀들을 제외하고, 한 홉 앵커노드로부터  $r$  외부의 셀들을 제외하여 일반노드가 위치 가능한 셀들을 구분한 후, 이 셀들 위치의 평균을 구하여 각 일반노드의 최종 위치를 측정한다.



(그림 1) 한 홉 앵커노드와 두 홉 앵커노드를 이용한 ER 구성과 그리드 스캔 과정

#### 4. 성능 평가

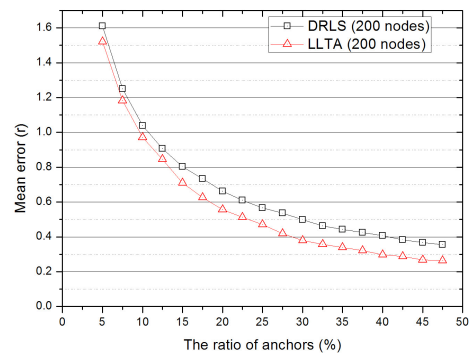
본 논문에서 제안하는 LLTA 의 성능을 측정하기 위해 JAVA 를 사용하여 시뮬레이터를 구현한다. 모든 센서노드들은 위치 정보의 유무를 제외한 모든 조건이 동일하며, 데이터 전송 반경을  $r$  로 고정한다. 전체 센서 필드의 크기는  $10r * 10r$  이고, 그리드의 한 셀의 크기는  $0.1r * 0.1r$  로 정한다. 또한 전체 센서 필드의 센서노드 개수는 200 개로 고정하고, 앵커노드의 비율은 5~47.5%로 변화를 주면서 성능평가를 수행한다.



(그림 2) 앵커노드 비율에 따른 위치 정보 전달 비용 비교

그림 2 는 일반노드가 앵커노드를 선정할 때 사용되는 위치 정보 전달 비용을 나타낸다. 전체 센서필드의 앵커노드 수가 증가할수록 위치 정보 전달비용이 커짐을 알 수 있다. 이는 2-홉 플러딩을 처음 시작하는 앵커노드의 수가 많아지기 때문이다. 이때 앵커노드의 수가 많아지면서 더 효율적인 2-홉 플러딩이 적용되는 경우의 수가 늘어나기 때문에 앵커노드의 비율이 증가할수록 LLTA 의 성능 향상 폭이 증가한다.

그림 3 은 앵커노드 수의 변화에 따른 위치 측정 오차의 정도를 보여준다. DRLS 가 벡터를 기반으로 2 홉 거리 앵커노드를 사용하여 refinement 를 수행하는 반면, LLTA 는 그리드 스캔 단계에서 두 홉 앵커노드를 사용하기 때문에 LLTA 의 위치 측정 정확도가 더 높다. 또한 앵커노드의 수가 증가할수록 각 일반노드는 더 많은 위치 정보를 이용하여 위치를 측정할 수 있기 때문에 위치 측정 정확도가 높다.



(그림 3) 앵커노드 비율에 따른 위치 정확도 비교

#### 5. 결론

본 논문은 DRLS 보다 위치 정보 전달 비용을 줄이고 위치 정확도가 높은 분산 위치 측정 기법인 LLTA 를 제안하였다. 효율적인 2-홉 플러딩과 그리드 스캔은 더 적은 비용으로 더 정확한 위치 측정을 가능하게 한다. 시뮬레이션을 통해 LLTA 가 DRLS 보다 더 나은 성능을 보임을 보였다.

#### ACKNOWLEDGEMENT

본 과제(결과물)는 교육과학기술부· 지식경제부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다. 책임저자: 추현승

#### 참고문헌

[1] J. P. Sheu, P. C. Chen, and C. S. Hsu, "A Distributed Localization Scheme for Wireless Sensor Networks with Improved Grid-Scan and Vector-Based Refinement," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 7, no. 9, pp. 1110-1123, September 2008.

[2] A. Boukerche, H. A. B. F. Oliveira, E. F. Nakamura, and A. A. F. Loureiro, "Localization Systems for Wireless Sensor Networks," *IEEE Wireless Communications*, vol. 14, no. 6, pp. 6-12, December 2007.