센서 네트워크를 이용한 RSSI 기반의 위치인식 시스템에 관한 연구

안효창*, 신인경*, 박성현*, 이용환*, 이상범*
*단국대학교 응용컴퓨터공학과
e-mail : youcu92@dankook.ac.kr

A Study on RSSI Based Localization System Using Wireless Sensor Network

Hyochang Ahn*, In-Kyung Shin*, Sunghyun Park*, Yong-hwan Lee*, Sang-Burm Rhee*
*Dept. of Computer Engineering, Dankook University

요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 시대로 진입하면서 센서 네트워크에 대한 관심이 증대되고 있다. 그 중에서 위치인식을 이용한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 주파수의 회절 및 반사, 감쇄 현상을 최소화 하기 위해 모바일 노드가 속해 있는 클러스터부터 수신된 RSSI 값을 사용하여 위치 정보를 추출한다. 또한 가까운 라우터 노드에 더 높은 가중치를 주어 수신한 라우터 노드들의 무게 중심을 노드의 위치로 판단하는 방법을 통하여 위치 정보를 추출하는 방법을 제안한다.

1. 서론

최근 정보통신 기술이 급격히 발전하면서 시간과 장소에 관계없이 자유롭게 네트워크에 접속 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅 시대로 진입하고 있다. 현재 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 외부의 환경의 감지와 제어 기능을 수행하는 유비쿼터스 센서 네트워크(USN) 기술이 최근 활발히 연구되고 있다. 센서 네트워크의 기능은 일정한 지역에 작고 값 싼 센서노드를 분산 배치하여 각 센서가 자신의 주변 환경을 감시하고, 데이터를 수집하며, 수집된 데이터를 메인 시스템으로 전송하는 것이다[1],[2]. 센서 네트워크는 지역 감시, 물체 위치 추적, 교통 상황 관찰, 화제 경보, 환경 감시 등의 다양한 응용 분야에 적용되고 있다[3],[4]. 이러한 서비스 중에서 위치인식은 사용자의 위치 정보를 제공하는 것으로서 센서 네트워크의 중요한 서비스 중의 하나이다.

위치인식은 센서 노드의 위치를 결정하는 것이며, 이러한 위치에서 얻어진 정보는 사용자나 사물에게 주변의 환경에 대한 인식을 가능하게 하는 가장 기본적인 요소이다. 센서 네트워크에서 공간상에 분포된 각 노드의 위치를 인식하기 위해서 다양한 위치인식 기법들이 연구되고 제안되었다. 위치인식 기술은 크게 두 가지 방법으로 노드 간의 거리 정보를 이용하는 방법과 거리 정보를 기반으로 하지 않는 방법으로 구분할 수 있다. 두 방법의 차이점은 위치인식에서 사용되는 정보이다. 거리 정보를 이용한 방법은 노드와 노드 사이의 거리나 방향각을 측정하여 위치 인식을 하는 방법으로 AOA(Angle Of Arrival), TOA (Time Of Arrival), TDOA(Time Difference Of Arrival) 및 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 등의 방법이 있다[5]. 거리 정보를 이용하지 않고 노드 간의 연결성이나 홉 카운트 정보를 이용하여 위치를 인식하는 방법으로는 APIT(Approximation Point In Triangulation), DV(Distance Vector), DV-Hop, DV-Distance 및 Centroid 등이 있다[6],[7]. 거리 정보를 이용한 위치인식 방법은 위치인식의 오차가 작으나 비용 부담 및 전력소모가 크다. 하지만 거리 정보를 이용하지 않고 위치인식을 하는 기법은 시스템 구성 비용 및 전력소모가 적으나, 위치 정보에 대한 오차가 거리 정보를 이용한 방식보다 크다.

본 논문에서는 모바일 노드를 포함하고 있는 클러스터로부터 수신된 RSSI 값과 보다 가까운 라우터 노드들에 더 높은 가중치를 주어 수신한 라우터 노드들의 무게중심을 노드의 위치로 판단하는 가중 Centroid 방법을 통하여 위치 정보를 측정하는 알고리즘을 제안한다.

2. 관련연구

거리에 기반을 둔 위치 측정 방법은 무선 노드간의 거리를 측정하여 위치를 계산하는 방법으로 노드간의 거리를 추출하기 위해서 노드로부터 수신되는 신호의 각도, 신호의 도착 시간, 신호의 도착 시간의 차, 신호 강도의 세기, 등을 사용하여 거리를 측정한다.

TOA 는 신호가 도착하는 시간을 이용하여 노드간의 거리를 측정하는 방법이다. 센서 노드에서 위치인식 대상까지의 거리는 신호의 속도와 도달 시간에

적정한 상수를 곱해서 거리를 계산할 수 있다. 센서 노도와 대상까지의 거리를 반경으로 하는 원들의 교점이 모바일 노드의 위치가 된다. TOA 방법은 센서와 위치 인식 대상 사이의 정확한 시간 동기화가 중요한 문제이다[8],[9].

TDOA 는 두 개 이상의 센서가 송수신하는 신호의 도착 시간의 차이를 계산하여 센서 간의 거리차가 일정한 지점, 즉 센서를 초점으로 하는 쌍곡선 상에서 위치 인식 대상을 찾아내는 방법이다. TDOA 방식에서는 위치 인식 대상과 센서간의 특별한 동기화가 필요하지 않는다. 따라서 TOA 방법보다 구현이 용이하지만 신호 도달 시간의 정밀도가 요구됨으로 신호의 다중경로 페이딩으로 인한 신호 전달의 지연이 중요한 문제이다[8],[9].

AOA 는 센서에서 위치 인식 대상이 보내는 신호의 방향각을 이용하여 각을 측정하고 각 센서와 위치 인식 대상 사이의 방향각의 교차점을 계산하여 위치 인식 대상을 찾는 방법이다. 목표의 위치를 계산하기 위해서 최소 2 개 이상의 방향각들이 필요하다. 그러나 위치 인식 대상이 센서에 가까이 있거나 주변 환경에 의해 산란이 될 수 있는 환경에서는 부적절한 방법이다[10],[11],[12].

RSSI 는 가장 보편적인 방법으로 신호의 세기를 통계적인 방법에 근거하여 확률분포와 대조하여 위치를 측정하는 방법이다[13]. RSSI 는 하드웨어 구성이 쉽고 추가적인 하드웨어 구성이 필요하지 않기 때문에 널리 사용되는 방법으로 본 논문에서도 RSSI 를 이용한 위치 인식 방법을 사용한다. RSSI 는 미리 정의된 다양한 지점에서의 신호 세기들을 RSSI 표본으로 수집하여 측정 할 수 있다. 위치 인식 대상의 송신 신호를 각 센서들이 수신할 때 발생하는 신호의 감쇄 정도를 측정한 뒤 이를 확률적 방법을 통해 미리 수집되었던 RSSI 표본과 매핑하여 대상의 위치를 측정한다. 하지만 센서 사이에 많은 장애물이 존재하거나 복잡한 실내 환경일 경우 거리 측정 오차가 매우 클 수 있다.

Centroid 기법은 앵커 노드와의 RF 연결성을 기반으로 위치인식을 수행한다[14]. 앵커노드가 주기적인 간격으로 위치정보를 가지고 있는 비컨을 이웃한 노드에 보낸다. 이때 수신된 비컨 패킷에서 앵커노드의 센트로이노드까지 위치정보를 측정한다. Centroid 기법은 간단하지만 수 많은 앵커노드가 필요하게 된다.

3. 제안한 알고리즘

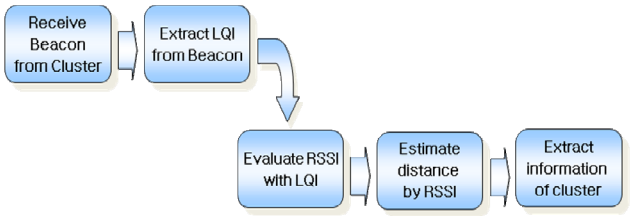
RSSI 기반의 위치인식 알고리즘에서 수신기는 수수송신기부터 수신된 신호의 강도에 기반한 손실된 전파 신호를 측정하고, 손실된 전파신호를 거리로 변환하여 정확한 위치를 측정한다. 결과적으로 RSSI 와 거리 사이의 관계를 반드시 알고 있어야만 한다. 본 논문에서는 RSSI 와 거리의 상관관계를 다음과 같은 수식으로 나타낸다.

$$RSSI = -(10n\log_{10} d + A) \quad (1)$$

n 의 경우, RSSI 값을 수신된 수신노드 입장에서 수신된 노드와 송신 노드간의 거리에 대한 log 함수를 의미하고 있으며 이 역시 실제 환경에서 실측된 데이터의 평균값을 이용하여 추출하며, d 는 송신기와의 거리를 나타낸다. 또한 A 의 경우 모바일 노드를 중심으로 지름 1 미터의 원주 위에 설치된 앵커 노드로부터 수신된 RSSI 값을 통해 그 값을 도출 할 수 있으며 오차의 범위를 줄이기 위해 각 앵커 노드로부터 계산된 A 의 값을 평균하여 사용한다.

실내에서 위치인식은 정확한 위치 정보 측정에 있어서 많은 장애물이 존재하며, 이로 인해서 상당한 오차가 발생할 수도 있다. 그러므로 장애물에 대한 오차의 범위를 축소하기 위해서 라우터 노드를 하나의 클러스터로 구성해야 한다. 라우터 노드들을 하나의 클러스터로 묶음으로써 노드의 위치인식 시, 자신이 속한 클러스터의 라우터 노드들만을 이용하여 위치인식을 수행한다.

이동노드는 주변으로 수신된 RSSI 값을 통해 계산된 대략적인 위치정보를 기준으로 자신이 속한 클러스터의 정보를 추출 하며, 추출된 클러스트로만 상세적인 위치정보를 계산한다. 이동노드가 속한 클러스터의 정보를 추출하는 방식은 (그림 1) 과 같다. 먼저 클클러스터부터 수신된 비컨을 통하여 LQI(Link Quality Indication)를 추출하고 다시 LQI 를 이용하여 RSSI 를 추출한다. 다음으로, RSSI 정보를 이용하여 앵커 노드와 모바일 노드사이의 거리를 측정한다. 마지막으로 모바일 노드가 속한 클러스터로부터 정보를 추출한다. 클러스터에 있는 모바일 노드가 3 개 이상의 RSSI 값을 추출하면 위치인식이 시작된다. 소프트웨어적으로 RSSI 값은 LQI 로 변환되며, 이는 RSSI 의 부동소수점결과를 0~255 의 범위로 스케일링한 결과를 나타낸다.



(그림 1) 이동노드가 속한 클러스터 정보 추출

Centroid 기법은 앵커노드가 주기적인 간격으로 위치정보를 가지고 있는 비컨을 이웃한 노드에 보낸다. 이때 수신된 비컨 패킷에서 앵커노드의 센트로이노드까지 위치정보를 측정한다. Centroid 기법은 간단하지만 수 많은 앵커노드가 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 가까운 라우터 노드들에 더 높은 가중치를 주어 수신한 라우터 노드들의 무게중심을 노드의 위치로 판단하는 방법으로 다음과 같은 수식을 사용한다.

$$P_i''(x,y) = \frac{\sum_{j=1}^{n}(w_{ij}\cdot(B_j(x,y))}{\sum_{j=1}^{n} w_{ij}} \quad (2)$$

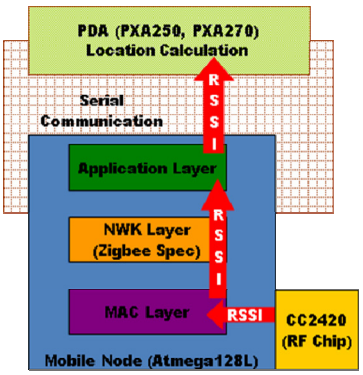
Pi"(x, y) 는 이동노드의 위치정보를 의미하며, Bj(x, y) 는 클러스터에 속한 고정노드의 위치정보를 의미한다. wij 는 가중치를 의미하며, 아래의 수식을 따른다.

$$w_{ij} = \frac{1}{(d_{ij})^g} \quad (3)$$

dij 는 고정노드와 이동노드의 거리를 의미하며, 이는 RSSI 를 기반으로 한 거리정보를 사용한다. g 는 가중치를 의미하며 실제 구현 및 설치 환경에 따라 최적화된 값을 도출하여 사용한다. 본 구현에서는 가중치를 "1" 로 설정하여 사용하였다. 또한 비컨이 활성화되지 않은 네트워크는 비컨 활성화된 네트워크처럼 주기적으로 비컨 신호를 받지 못하기 때문에, 위치인식이 가능하도록 하기 위해 비컨 신호를 요청하는 기능이 필요하다. 본 논문에서는 모바일 노드의 Application Layer 에서 위치인식이 요구 될 때 마다 비컨을 요청하여 앵커 노드로부터 비컨 신호를 수신하여 RSSI 값을 처리하도록 하였다.

4. 실험 및 결과

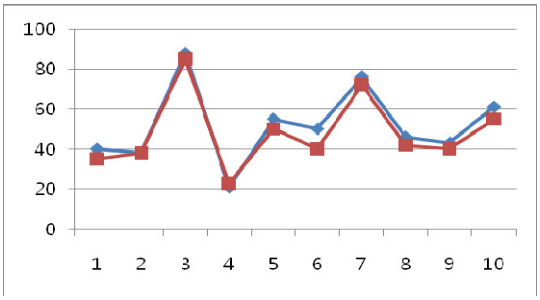
실험을 위해서 사용된 플랫폼은 PDA 와 센서 노드가 연결되어 있는 하나의 이동 노드를 구성하여 사용하였다. 센서 노드는 ATmega128L 마이크로프로세서와 CC2420 RF 칩으로 구성이 되며, MAC Layer 는 TI(Texa Instrument 사)에서 개발한 IEEE 802.15.4 MAC 코드가 적재되어 있고 상위 Layer 인 NWK Layer 는 ZIGBEE-2004 기반으로 구성하였다. Application Layer 에서는 NWK layer 를 통해 수신된 비컨 신호에 포함된 RSSI 값을 PDA 에 전송하는 기능을 수행한다. 최종적인 위치인식 계산은 복잡한 처리가 가능한 32bit 프로세서가 적재된 PDA 에서 처리하였다. (그림 2)는 위치인식을 위한 하드웨어 구성을 보여주고 있다.



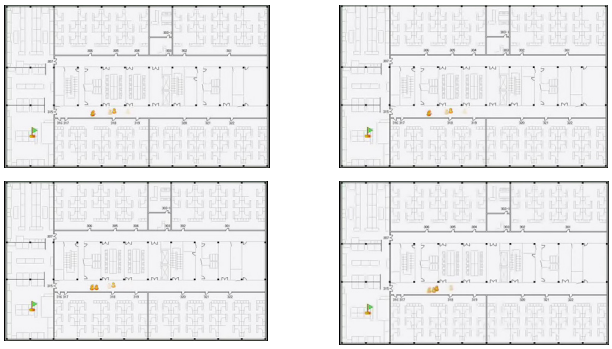
(그림 2) 위치인식을 위한 하드웨어 구성

위치인식 계산에 필요한 RSSI 값은 RF 칩인 CC2420 에서 수신된 정보를 802.15.4 MAC 과 NWK layer 를 경유해, Application layer 에서 RS-232 를 통해 PDA 에 전달 된다. RSSI 값을 주기적으로 받기 위해서, 센서 네트워크의 환경을 비컨 활성화된 네트워크로 한다.

<표 1> 기존의 방법(RSSI)과 제안한 방법의 위치측정



실험결과 기존의 방법은 평균 51.8cm 의 오차를 보이고 있지만 제안한 알고리즘을 이용한 방법은 오차가 평균 48cm 로 기존의 방법에 비해 오차가 약 4cm 정보 줄어든 것을 볼 수 있다.



(그림 3) 위치 인식 시스템의 구현

또한 (그림 3)은 제안한 알고리즘을 이용한 실내에서 모바일 노드를 가지고 있는 사람과 앵커 노드의 인터페이스를 보여주고 있다. 모바일 노드가 움직임에 따라 위치가 변화되는 것을 보여주고 있으며, 이에 따라 모바일 노드와 앵커 노드 사이의 거리를 나타내주고 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

최근 유비쿼터스 컴퓨팅 시대로 진입하면서 센서 네트워크에 대한 관심이 증대되고 있다. 그 중에서 위치인식을 이용한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 논문에서는 주파수의 회절 및 반사, 감쇄 현상을 최소화 하기 위해 모바일 노드가 속해 있는 클러스터부터 수신된 RSSI 값과 보다 가까운 라우터 노드들에 더 높은 가중치를 주어 수신한 라우터 노드들의 무게중심을 노드의 위치로 판단하는 가중 Centroid 방법을 통하여 위치 정보를 측정하는 알고리즘을 제안하였다. 실험 및 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 좀 더 정확하고 안정적으로 모바일 노드의 위치를 측정하여 표시

해주고 있는 것을 알 수 있다. 향후에는 IVS 기술과 위치인식 기술의 융합으로 사용자의 위치에 따라 영상 감시를 수행 할 수 있는 기술에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

[1] S. Akyildiz, I.F., Weilian, S., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E. " A survey on sensor networks", Commun. Mag. 40(8), pp. 102–114, 2002

[2] Savarese, C., Rabaey, J.M., Reutel, J. "Localization in distributed Ad-hoc wireless sensor networks", In: Proc ICASSP, Salt Lake City UT, pp. 2037–2040, 2001

[3] G. Zanca, F. Zorzi, A. Zanella, M. Zorzi, "Experimental comparison of RSSI-based localization algorithms for indoor wireless sensor networks," Proceedings of the workshop on Real-world wireless sensor networks(REALWSN'08), pp. 1-5, Apr. 2008.

[4] J. Hightower, G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing", IEEE Computer, 34, pp.57–66, 2001.

[5] J. Caffery, J. Heidemann, D. Estrin, "GPS-less low cost outdoor localization for very small devices", IEEE Personal communications, vol.7, no.5,pp.28-34, October 2000.

[6] A. Savvides, C. Han, M. B. Strivastava "Dynamic fine-grained localization in ad-hoc networks of sensors", Proceedings of the 7th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York: ACM, pp.166 – 179, 2001.

[7] A. Savvides, H. Park, M. Srivastava "The bits and flops of the N-hop multilateration primitive for node localization problems", in Proceedings of the ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA), Atlanta, GA, pp. 112–121, Sep. 2002.

[8] D. Niculescu, B. Nath, "Ad hoc positioning system (APS) using AOA", in proc. of the Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Piscataway: IEEE, pp.1734 – 1743, 2003.

[9] G.Yu, F.Yu and L. Feng, "A Three Dimensional Localization Algorithm Using a Mobile Anchor Node under Wireless Channel", International Joint Conference on Neural Networks(IJCNN), pp.477-483, 2008.

[10] T. He, C. Huang, B. Blum, J. Stankovic, T. Abdelzaher, "Range-free localization schemes for large scale sensor networks:, in Proceedings of the ninth annual international conference on Mobile computing and networking (MobiCom 2003), San Diego, California, , pp. 81–95, Sep., 2003.

[11] N. Priyantha, A. Chakraborty, H. Padmanabhan, "The cricket location support system", Proceeding of 6th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM). Boston, 32-43, Aug., 2000.

[12] R. Peng, M. Sichitiu, "Angle of arrival localization for wireless sensor networks", In Proc. of IEEE SECON, Reston, VA, 2006.

[13] N. Patwari, A. Hero, "Using proximity and quantized RSS for sensor localization in wireless networks", In Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Wireless Sensor Networks and Applications, pp. 20–29, 2003.

[14] N. Radhika, S. Howard, B. Jonathan, "Organizing a global coordinate system from local information on an Ad Hoc sensor network" In International Workshop on Information Processing in Sensor Networks (IPSN), Apr. 2003.