

선형 윈도우 알고리즘을 이용한 RSSI 기반 위치 인식 시스템의 스무딩(smoothing) 처리

국종진* 홍지만
송실대학교

The Linear Window Algorithm for Smoothing Methods in the Location Awareness Systems Based RSSI

Joongjin Kook*, Jiman Hong
Soongsil University

Abstract - 유비쿼터스 컴퓨팅의 실현을 위해 센서 네트워크 기반의 다양한 위치인식 연구가 수행되었다. 특히 근거리 위치 인식 분야에서는 RSSI를 이용한 위치 인식에 관한 연구가 활발하였으나 RSSI는 통신 환경에 민감하여 균일한 위치 정보 결과를 획득하기 어려우며, RSSI 값을 기반으로 삼각측량 등의 위치 계산을 소프트웨어적으로 처리하기 때문에 응답 속도가 늦다는 단점이 있다. 따라서 최근 Chipcon에서는 CC243x 시리즈에 위치 계산 엔진(Location Engine)을 탑재하여 응답 속도에 대한 종전의 단점을 보완하였으나 여전히 위치 값이 고르지 못한 부분은 개선되지 않았다. 따라서 본 논문에서는 통신 환경으로 인한 위치 정보의 불균형함을 개선하고자 선형 윈도우 알고리즘을 제안한다. 선형 윈도우는 위치 정보에 대한 스무딩을 수행하며, 이를 통해 응답 속도의 저하를 최소화시키면서 위치 변화를 고르게 한다.

다. 하지만, 주변 노드들과 데이터 교환을 통해 RSSI 값을 계산하는데 드는 오버헤드는 완전히 해소되지 않았으며, 원래의 RSSI 방식이 가진 전파 환경 변화에 따른 위치 추정치의 부정확성 문제는 여전히 심각하게 남아있다 [7].

RSSI기반의 문제점들을 보완하기 위한 다양한 연구[8][9]가 수행되었으나 RSSI 자체만 가지고는 정밀한 위치추적이 불가능하기 때문에 CSS 방식과 IR-UWB를 이용한 위치인식 연구도 활발히 진행되고 있다. 하지만 CSS와 IR-UWB 방식 또한 영역의 확장에 대한 제약으로 인해 어느 정도 한계를 가지고 있다.

한편 Nanotron[10]에서는 IEEE 802.15.4a 표준에서 제정된 CSS를 통한 위치 인식 기능을 가진 제품을 출시하였으며, 근거리 위치 인식에 대해 RSSI 방식보다 나은 성능을 보이고 있지만, SDS-TWR(Symmetric Double Sided Two Way Ranging)을 통한 거리 측정을 수행하기 때문에 신호의 처음도달 시간 추정, 카운터 정밀도, Crystal offset, 송수신시 내부 지연 문제 등으로 거리에 관계없이 항상 일정한 값 이상의 오차가 발생한다. 이러한 오차로 인해 측정거리가 멀어질수록 실제 거리에 비해 상대적으로 거리 오차의 값이 줄어들지만 거리가 가까워질수록 상대적으로 거리오차의 값이 커지는 단점을 가지고 있다.

1. 서 론

마크 바이저는 유비쿼터스 컴퓨팅을 '언제 어디서나 컴퓨팅 능력을 이용할 수 있는 보이지 않는 기술'이라고 정의했다[1]. 즉 유비쿼터스 컴퓨팅은 이동성을 지닌 컴퓨팅(mobile computing) 능력이 사용자를 둘러싼 환경에 자연스럽게 녹아 있는 것(embeddedness)을 말한다[2]. 따라서 유비쿼터스 컴퓨팅을 구현하기 위해서는 기본적으로 컴퓨팅 장치 혹은 컴퓨팅 서비스가 사용자와 함께 물리적으로 이동할 수 있도록 해주어야 하며 이와 동시에 사용자를 둘러싼 물리적 혹은 가상적인 환경과의 상호작용을 통해 실시간으로 환경 정보를 얻어내고 처리할 수 있어야 한다. 이러한 관점에서 위치 인식 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅과 관련된 다른 연구 테마들과 더불어 오래 전부터 중요한 연구 분야로 인식되어 왔다[2][4].

초기 센서 네트워크 환경에서는 RSSI를 이용한 근거리 위치인식의 가능성을 보였으며, 최근 Chipcon은 CC243x 제품에 Location Engine을 탑재하여 향상된 성능을 가진 제품을 출시하였다. 하지만 RSSI를 이용한 측위는 장애물을 비롯한 통신 환경에 민감하게 작용하기 때문에 정밀한 위치인식 분야에 활용하기에는 한계를 가지고 있다. 또한 최근 IEEE802.15.4a 표준을 통해 CSS와 UWB 물리계층의 지원에 대한 발표 이후 나노트론[10]과 오소트론[11]을 필두로 CSS 기반의 위치인식을 수행하는 제품이 출시되면서 근거리 정밀 위치인식을 위해 CSS와 IR-UWB 기반의 위치인식에 관한 연구가 활기를 띠고 있다.

하지만 CSS를 이용한 위치추적과 IR-UWB 기반의 위치추적 역시 위치 인식 분야에 활용되기 위해서는 해결해야할 문제점들이 많이 남아있는 실정이다[7].

본 논문에서는 근거리 위치인식 분야에서 가장 보편적인 수단으로 사용되는 RSSI를 통한 위치인식 과정에서 고른 위치 정보를 얻기 위한 스무딩 처리를 위해 선형 윈도우 알고리즘을 제안하고 실험을 통해 본 알고리즘을 통해 주위 환경에 대한 내성을 지닐 수 있음을 입증한다.

2. 본 론

근거리 위치 인식 기술이라 함은 GPS 위성이나 이동통신망 기술을 사용하지 않는 위치 추적 기술을 모두 포함한다고 할 수 있다. 이 중에는 로봇이나 특수 분야에 사용되는 정확도 10cm 이내의 초정밀 위치 추적 기술도 있으며, 자산 관리, 이동체적 추적 분야에 사용되는 정확도 2~10m 정도의 위치 확인 기술도 있다. Cricket이나 Active Bat으로 대변되는 초음파를 이용하는 초정밀 위치 추적 기술은 이미 오래 전부터 연구가 진행되어 왔으며, RFID를 이용한 위치 확인 기술은 이미 많은 분야에서 활용되고 있다.

위치 인식 시스템에서는 대상의 영역에 따라 매크로, 마이크로, 애드혹(ad-hoc) 위치 인식 시스템으로 구분되며, 실의 환경의 대규모 영역에 대해서는 위성을 근간으로 한 마이크로 위치 인식 시스템이 보편화되어 있다. 또한 실내 환경이나 근거리 상에서의 정밀한 위치 인식의 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 최근 IEEE 802.15.4a[5] 표준에서 제정된 UWB(Ultra Wide Band)와 CSS(Chirp Spread Spectrum) 물리계층을 통해 저가격, 저전력 기반의 정밀한 위치 인식 능력이 더욱더 향상되고 있다.

근거리 저속 통신을 위한 IEEE 802.15.4는 RSSI 값을 제공함으로써 위치 인식을 위한 기틀을 제공하긴 하였지만, Chipcon의 CC242x[6] 칩의 경우 RSSI 값을 통한 거리 측정을 소프트웨어가 담당해야 하는 오버헤드로 인해 CC243x[6]에서는 Location Engine을 탑재함으로써 이를 해소하고자 하였

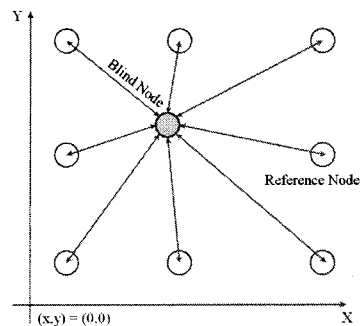
3. 선형 윈도우를 이용한 스무딩(smoothing)

3.1 RSSI를 이용한 위치 계산

RSSI를 이용한 위치 계산 과정은 그림 1과 같다. RN(Reference node)는 위치 정보를 가지고 있는 노드이며, BN(Blind node)는 이동성을 지닌 노드이다. 따라서 BN은 이웃해있는 RN으로부터 RSSI 값을 수집하여 자신의 상대 위치를 계산한 후 싱크에게 보내게 된다. CC243x의 경우 위치 계산을 위해 최소 3개의 RN을 요구하며, 최대 8개의 RN으로부터 RSSI 값을 수신하여 위치 계산을 수행하는 것이 가능하며[6], RSSI 값은 식 1과 같이 계산 된다.

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

이 때, n은 신호의 전파 속도를 나타내는 상수이며, d는 송신자와의 거리, A는 1미터 거리에서 수신한 RSSI 값을 나타낸다.

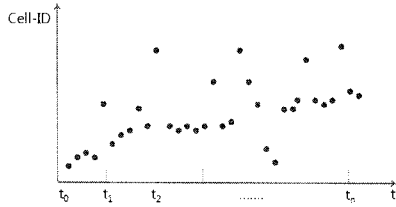


<그림 1> RSSI를 이용한 위치 계산

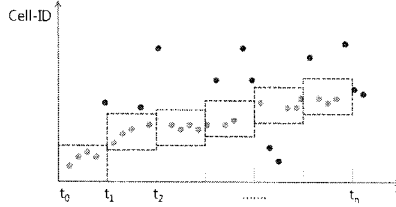
3.2 선형 윈도우 알고리즘

cell-id 기반에서 RSSI를 이용하여 이동하는 노드에 대한 위치 계산을 수행했을 때 셀 값의 변화는 그림 2와 같은 형태를 띠게 된다. RSSI는 장애물 등으로 인한 통신 환경에 많은 영향을 받기 때문에 고른 위치 정보를 얻는 것이 불가능하다.

선형 윈도우는 스무딩을 수행하기 위한 알고리즘이며 이동하는 물체에 대한 트래킹을 수행할 때, 고른 위치 값을 얻을 수 있도록 윈도우를 통해 위치 값의 상한과 하한을 형성한 후 윈도우 범위 내에 속한 위치 값만을 획득한다.



〈그림 2〉 위치 계산 결과 분포



〈그림 3〉 선형 윈도우를 이용한 필터링

RSSI 값으로 cell-id 정보를 획득하기 위해 선형 윈도우를 이용한 스무딩 처리를 수행하여 일정 시간($t_n - t_{n-1}$) 동안 급격한 변화를 보이는 cell-id 정보는 장애물에 의한 오류로 간주하여 필터링을 수행한다.

$$Cell-ID^n = \frac{\sum_{t=t_n}^{n+1} Cell-ID(t_i)}{\frac{t_n - t_{n-1}}{period_{RF}}} \quad (2)$$

식 2는 시간이 $t_n \sim t_{n+1}$ 인 n구간에서의 cell-id를 얻기 위한 식이며, 이 때 cell-id에 대한 표준 편차는 윈도우의 높이 W_{height} 로 지정한다. 이는 곧 윈도우의 높이를 통해 cell-id에 대한 정밀도를 조정할 수 있음을 의미한다. 윈도우 높이 이내의 cell-id 정보를 얻기 위해 식 3과 같은 조건을 추가한다. 여기서 W_B 는 윈도우의 상한(Bottom of Window)을, W_T 는 윈도우의 하한(Top of Window)을 의미한다.

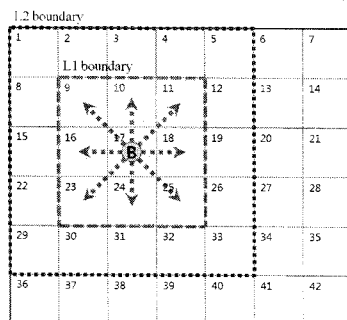
$$W_B \leq Cell-ID(t_i) \leq W_T \quad (3)$$

4. 선형 윈도우 알고리즘을 이용한 측위

실험을 위해 Chipcon에서 출시된 CC2431 Development Kit 제품을 사용하여 실험 환경을 구성하였다.

윈도우의 폭에 해당하는 W_{width} 는 위치 정보의 계산을 위한 주기 시간으로 볼 수 있으며, 이 값이 작으면 응답시간이 빨라지지만 정확한 위치 정보의 산출이 어렵고, 값이 커지게 되면 정밀한 위치 정보를 얻을 수 있는 반면 응답시간이 길어지게 된다.

윈도우의 높이는 변화폭이 큰 위치 값을 여과시키는 역할을 수행하며, 이는 물체의 이동 속도와 연관시켜 최대값과 최소값을 정의할 필요가 있다. 실내 환경에서 근거리 위치 인식을 수행함에 있어 대부분 고속의 이동물체를 고려하지는 않기 때문에, 이 값은 사람의 이동 속도 또는 실내 환경에서 가장 빠른 속도를 갖는 물체를 기준으로 산정할 수 있을 것이다. W_{height} 는 cell-id 기반에서 이동할 수 있는 다음 위치에 대한 예측을 가능하게 하며, 이를 통해 적절하지 않은 cell-id를 배제할 수 있게 된다.



〈그림 4〉 윈도우의 높이(W_{Height})에 의해 결정되는 이동 가능한 셀 위치

그림 4와 같이 W_{Height} 에 의해 L1 boundary 또는 L2 boundary로 B(Blind node)의 이동 가능 위치가 결정되며, 획득된 셀 id 중 이 영역을 벗어나는 값들은 필터링을 수행한다.

차동적 위치 계산 알고리즘에서는 측정된 거리값이 MIN_DIST 보다 작은 경우 OWR을 이용하여 거리를 재계산한다. 이 때, MIN_DIST 는 충분한 실

험을 통해 얻어진 결과를 반영하였으며, 위의 실험에서 Ref.4에 대한 평균 값인 약 90을 MIN_DIST 로 설정하여 실험하였다. 거리를 재계산하기 위한 알고리즘은 표 1과 같다.

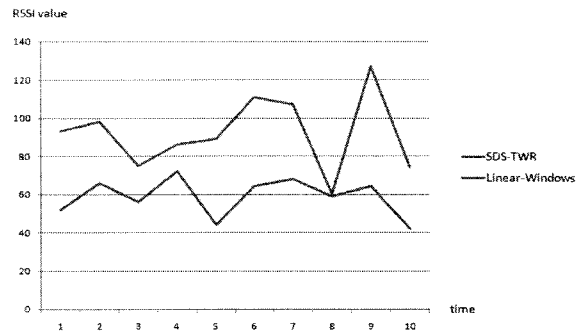
〈표 1〉 차동적 위치 계산을 위한 알고리즘

```

if (range < MIN_DIST)
    range = result of OWR
else
    range = result of TWR
return range

```

차동적 위치 계산 알고리즘을 적용시킨 시스템을 통해 위치 인식 결과를 확인했을 때 그림 5와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 이 때, MIN_DIST 는 90으로 설정하였으며, Ref.4와의 거리가 기존 시스템의 평균값인 92에 비해 약 56% 향상된 값을 얻을 수 있었다.



〈그림 5〉 선형 윈도우 알고리즘을 적용한 측위 결과

3. 결 론

센서 네트워크 환경에서 근거리 위치 인식/추적을 통한 위치 기반 서비스를 제공하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며, 최근 CSS 기반의 위치 인식 시스템을 통해 더욱 정밀하고 안정적인 위치 인식의 수행이 가능해졌으나 시스템 내부 지연, 타이머의 정밀도, 위치 계산 알고리즘 등에 의해 거리의 변화에 따른 오차율의 변화가 발생된다. 본 논문에서는 CSS 기반의 정밀 위치 인식을 가능하게 하기 위해 거리에 따른 차동적인 위치 계산 알고리즘을 적용시킴으로써 가까운 거리의 위치 측정 때 발생하는 내부 지연 시간을 단축시킬 수 있음을 실험을 통해 증명하였다. 하지만 소프트웨어적인 방법을 통해서만 수 cm 정도의 매우 가까운 거리 측정에는 한계를 가질 수밖에 없으며 이를 극복하기 위해서는 하드웨어의 최적화에 관한 연구가 선행되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] Mark Weiser, Alan Demers, and Carl Hauser, "The Portable Common Runtime Approach to Interoperability," ACM Symposium on Operating Systems Principles, December 1989.
- [2] Mark Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century," Scientific American, September 1991.
- [3] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramanian and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, issue 8, pp. 102-114, Aug. 2002.
- [4] T. Arampatzis, J. Lygeros and S. Manesis, "A survey of applications of wireless sensors and wireless sensor networks," Proc. 13th Mediterranean Conference on Control and Automation, pp. 719-724, Limassol, Cyprus, June 27-29, 2005.
- [5] IEEE P802.15.4a/D4 (Amendment of IEEE Std 802.15.4), "Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LRWPANs)," July 2006.
- [6] Chipcon, <http://www.chipcon.com>
- [7] 김학용, 김성덕, 서동길, 지정강, 장현태, 근거리 위치추적 기술 동향, 주간기술동향 통권 1322호, 2007.
- [8] Konrad Lorincz, Matt Welsh, "A Robust, Decentralized Approach to RF Based Location Tracking" LoCA 2005 at Pervasive 2005
- [9] Bahl, P., Padmanabhan, V.N. "RADAR: An In-Building RF-Based ser Location and Tracking Systems" INFOCOM, 2000.
- [10] Nanotron, <http://www.nanotron.com>
- [11] Orthotron, <http://www.orthotron.com>