

802.11의 RSSI를 이용한 센서 노드들의 지역화

박의준^o 이현승 송하윤 박준
홍익대학교 컴퓨터공학과

relyspine@gmail.com lhseung@oodb.cs.hongik.ac.kr, hayoon@wow.hongik.ac.kr, jpark@hongik.ac.kr

Localization of sensor nodes using 802.11 RSSI

Eui Joon Park^o, Hyun Seung Lee, Ha Yoon Song, Joon Park
Department of Computer Engineering, Hongik University

요 약

RF 신호 강도인 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 이용해 지역화를 하는 방법론이나 알고리즘은 많이 연구되어 왔다. 그러나 대다수의 연구에서 추가적인 장비를 요구하거나, 복잡한 시스템 환경을 필요로 한다. 본 논문에서는 일반적인 무선랜 환경을 사용할 수 있는 노트북에서, Windows 기반의 802.11의 RSSI를 이용해 지역화를 수행하였다. IEEE 802.11의 네트워킹 구성을 한 센서노드들 중에 AP(Access Point) 역할을 하는 한 개의 고정노드(Anchor)를 중심으로 다수의 움직일 수 있는 모바일 노드들의 위치를 추적해가는 방법이며, Anchor가 많아지거나 모바일 노드가 늘어나면 지역화의 정확도는 증가하게 된다. 이 방법은 일반적인 802.11의 무선랜 환경이 가능한 랩톱에서도 쉽게 적용이 가능하며, 추가적인 장비의 의존성이 전혀 없고 소프트웨어 적인 방법론으로 해결하였다. 또한 지역화가 가능함과 동시에 각각의 센서 노드들은 802.11을 이용한 데이터 송수신이 가능하다. 본 논문에서는 MS의 Windows 플랫폼 기반으로 테스트하였고, 효과적으로 Beacon 패킷을 송출하기 위한 해법을 제시한다.

1. 서론

센서 네트워킹에 있어서 자기 위치를 찾는 지역화 기법들은 현재 다양한 분야에서 개발되며 응용되고 있는 분야이다. 이러한 지역화 기법 중 우리에게 가장 친숙한 것은 GPS(Global Positioning System)이다. GPS는 우리에게 매우 정확한 위치정보시스템을 제공한다. 이것은 24개의 정지위성의 절대 좌표로부터 자신의 위치를 계산해 낼 수 있다.

GPS 이외에 RF 신호 강도를 이용한 지역화 기법들은 많이 연구되어온 주제들이다. 그러나 대부분의 연구에서 별도의 하드웨어의 추가를 필요로 하거나, 복잡한 시스템 환경을 요구한다. 본 논문에서는 별도의 추가 장비 없이 일반적인 무선랜 환경이 가능한 랩톱 컴퓨터의 802.11을 이용하고, MS의 윈도우즈 환경에서 별도의 추가 설정 없이 802.11의 RSSI를 이용한 지역화가 가능한 방법을 제시한다.

본 논문에서는 각각의 센서 노드들이 802.11 무선 네트워킹 환경을 구성하여 서로 간의 네트워크 데이터 통

신이 가능하며, 이 무선랜의 RF(Radio Frequency) 신호 세기를 이용해 자신의 위치를 추적해 내는 방법을 설명한다. 또한 이 방법은 Windows 내부의 API 함수를 사용하여 어플리케이션 레벨에서 문제를 해결하기 때문에, 무선랜 카드 내부의 드라이버 조작이 필요 없다.

2장에서는 RF 시그널을 이용한 기존의 지역화 기법들과 이와 관련된 연구들을 설명하고, 3장에서는 802.11의 RSSI에 대해서 살펴볼 것이다. 4장에서는 802.11의 RSSI를 사용하고 데이터 송수신을 위한 전제조건과 효과적인 메커니즘을 설명한다. 5장에서는 실제 구현된 802.11 기반의 Windows 플랫폼에서 테스트 환경을 설명한다.

2. 접근 방향 및 관련 연구

RF 시그널을 이용한 지역화 방법은 크게 3가지로 나눌 수 있다.[1]

- ① Received signal strength indication(RSSI)
- ② Direction Resolve(Angle of Arrival)
- ③ Distance resolve(Time of Arrival, Time Difference)

of Arrival)

RSSI를 이용한 방법은 거리에 대한 신호세기가 수학적 인 모델에 따라 거리가 증가하면 이에 대한 신호세기가 감소하는 것을 이용한다. 기준이 되는 지점과 모바일 노드 사이의 거리는 기준이 되는 지점을 기준으로 동심원 중에 한곳에 위치하게 된다. 이외에 방향(Direction)과 거리(Distance)를 이용한 방법이 사용된다.[1]

RSSI를 이용한 지역화 연구 중 RADAR[2]은 최초로 802.11을 이용하였다. RADAR는 기준 지점의 신호 세기와 무선장치의 신호세기비율을 이용해 실내공간에서 그 거리를 계산해 내었다.

3. 802.11의 RSSI

RSSI는 무선 환경에서 사용하는 RF 신호의 상대적인 크기를 나타내는 값이다. 이 상대적인 신호 크기는 dBm 단위(-50dBm ~ -100dBm)로 측정할 수 있으며, 이것을 이용해 두개의 특정 센서 노드 사이의 거리를 계산해 낼 수 있다.

802.11은 IEEE에서 제정한 표준 WLAN(Wireless local area network) 규약이다. 802.11 b/g 는 현재 무선랜 통신의 많은 부분을 수용하고 있으며, 본 논문도 802.11b의 RSSI를 이용하여 지역화에 사용하고 있다.

802.11의 무선랜 환경은 크게 2가지 모드로 동작한다. 첫 번째는 Infrastructure 모드이고 두 번째는 Ad-hoc 모드이다. Infrastructure 모드에서 AP(Access Point) 역할을 하는 노드가 주기적으로 자기 자신의 네트워크 관련된 정보를 포함한 Beacon 패킷이라는 것을 송출하는데 이것은 표1과 같은 형태의 필드를 가지고 있는데 일부분만 도시한 것이다.

beacon interval (2Bytes)	Time Stamp (8Bytes)	SSID (32Bytes)	Information Element (256Bytes)	BSSID (6Bytes)
-----------------------------	------------------------	-------------------	-----------------------------------	-------------------

[표 1]

실제 Ad-hoc 모드에서도 AP역할을 하는 노드가 존재하며 이 노드가 Beacon 패킷을 송출한다. 이 Beacon 패킷

을 송출해야만 각각의 센서 노드의 무선랜 환경에서 RSSI를 측정할 수 있다.

4. 지역화와 데이터 송수신

각각의 센서 노드들이 자기 자신의 고유한 Beacon 패킷을 송출하는 것은 매우 중요하다. 이것은 각각의 노드들의 식별할 수 있는 방법이고, 그래야만 RSSI 역시 얻어낼 수 있다. 802.11에서 Beacon 패킷을 송출하려면 노드는 Infra모드의 AP가 되거나, Ad-hoc모드에서 AP 역할을 해주는 더미노드가 되어 주어야 한다. 또한 RSSI를 얻어내는 동시에 무선랜 환경의 802.11을 이용해 데이터 송수신이 가능해야 한다. 다음은 Ad-hoc 모드에서 효과적으로 Beacon 패킷을 송출하며 데이터 송수신이 가능한 방법을 소개한다.

4.1. 센서노드 식별과 데이터 송수신

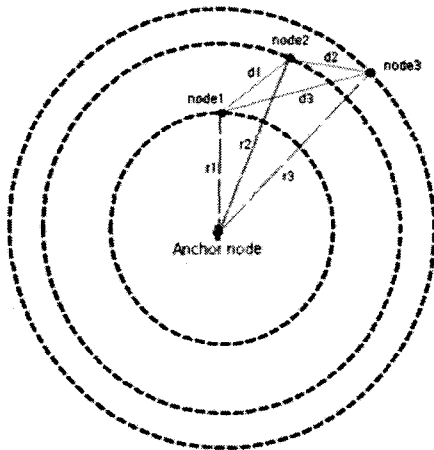
각각의 센서노드들은 고유의 SSID(Service Set Identifier)를 지정해 식별이 가능하게 한다. 이 SSID 정보를 포함한 Beacon 패킷을 송출하기 위해서 센서노드들은 고유의 무선랜 환경 프로파일을 유지해야 한다. 반면 각각의 노드들 사이에 데이터 송수신을 위해서는 서로 연결된 상태를 유지하거나, 게이트웨이 역할을 하는 노드에 연결하면 된다. 즉, Beacon 패킷 송출을 위해 연결을 끊고 데이터 송수신을 위해 연결을 하는데 필요한 효율 높은 메커니즘이 필요하다. 다음 장에서는 데이터 송수신과 RSSI를 이용한 지역화가 가능한 AP 변환모드를 소개한다.

4.2. 변환 모드

일반적인 랩톱 컴퓨터의 802.11 b/g 무선랜을 사용하여 자기 자신 고유의 Beacon 패킷을 송출하려면 Ad-hoc 모드로 네트워크를 구성하여 자기 자신의 SSID를 송출해야 한다. 이 상태에서 다른 센서노드들이 Beacon 패킷을 송출하는 노드의 RSSI 파악이 가능하게 된다. 이 상태를 유지하기 위해서는 자신의 SSID를 포함한 무선랜 프로파일을 유지시키는 것으로 가능하다. 즉 Beacon 패킷을 송출하는 동안은 이 프로파일을 사용해 RSSI를 사용할 수 있게 하고, 데이터 송수신을 할 때에는 별도의 무선랜 환경의 네트워크 프로파일을 이용해 AP 역할을 하는 노드나 Infra 형태의 네트워크 망에 접속하면 된다. 따라서 접속을 끊고 유지하는 것 이외에 Beacon 패킷 송출을

위한 독립적인 네트워크 설정이 저장된 프로파일 갱신이 필요했으며, 이것은 Windows에서 제공하는 WLAN API 함수인 Native WiFi의 프로파일 우선순위를 조절하는 함수를 사용해 가능하게 하였다.

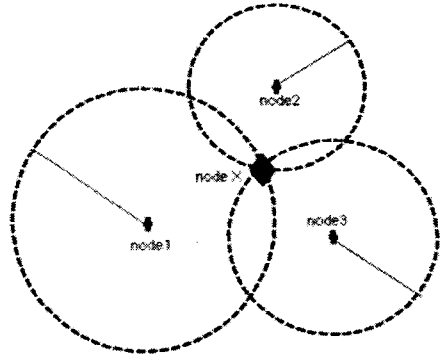
4.3. 한 개의 고정노드와 다수의 모바일노드



[그림 1]

[그림 1]에서는 앞에서 설명한 변환모드에 대한 예시를 잘 설명해 준다. Anchor 노드는 Infrastructure 혹은 Ad-hoc 형태의 네트워크망을 구성하며 AP 역할을 수행한다. 또한 이 노드는 절대 좌표를 알고 있는 고정 노드이다. Node1, Node2, Node3는 움직일 수 있는 모바일 노드들이다. Anchor 노드는 게이트웨이 역할을 하며 모바일 노드들은 데이터 송수신을 위해 Anchor 노드에 주기적으로 연결한다. 또한 모바일 노드들은 자신 고유의 SSID를 포함한 Beacon 패킷을 송출하기 위해 주기적으로 연결을 끊고 자신의 네트워크 프로파일을 유지한다. 시간 간격을 적절하게 조절하여 RSSI의 신뢰도를 높이거나 데이터 송수신의 대역폭을 높일 수 있다.

4.4. RSSI를 이용한 Localization



[그림 2]

[그림 2]는 측정된 dBm 신호를 기준으로 계산된 거리를 이용해 지역화를 한 예이다. Node1, Node2, Node3은 절대좌표를 알고 있는 고정노드(Anchor node)이고 위치를 알고자하는 Node X는 세 개의 원이 교차하는 지점에 위치하게 된다.

[그림 1]에서의 지역화는 다음과 같은 방법으로 수행하면 추적해 낼 수 있다. 노드1, 노드2, 노드3는 Anchor 노드를 중심으로 세 개의 동심원 상에 각각 위치하게 된다. 노드1, 노드2, 노드3의 거리를 RSSI를 이용해 변환된 거리를 계산해 낸다. 각각의 노드의 절대 좌표는 동심원 상의 좌표계에서 각각의 센서노드 사이의 거리 d_1 , d_2 , d_3 를 이용해 해를 구해낸다. 즉 원의 방정식 3개와 거리 정보 3개를 이용해 절대 좌표를 구해낸다.

5. 구현

본 논문에서 구현은 Microsoft Windows XP SP2 기반으로 테스트 되었다. WLAN의 API 함수 사용을 위해서 .NET Framework 3.0 SDK와 Visual Studio 2005를 사용하였으며, 일반적인 802.11 무선랜 기능을 탑재한 랩톱 컴퓨터에서 무리 없이 작동한다.

본 논문의 구현상의 2가지 큰 목표는 Ad-hoc 혹은 Infrastructure 형태의 무선랜 환경을 구성하여, 각 센서노드들 사이에서 자유롭게 데이터 송수신이 가능한 환경을 구성하는 것과 동시에 각각의 노드들이 Beacon 패킷을 송출하여 이 RSSI를 이용해 지역화를 하는 것이다. 이것을 해결하기 위해 위에서 설명한 변환모드를 적용한 Anchor 노드 1개와 다수의 모바일 노드를 대상으로 테스트 하였으며 안정적인 동작을 위해서 접속을 하고 끊는

데 각각 3000ms 정도의 시간을 요구하였다.

연결을 끊고 유지하는 것은 Windows에서 제공하는 WLAN API 함수인 Native WiFi를 이용하였다. RSSI 정보를 얻기 위해서는 Native WiFi 또는 WMI(Windows Management Instrument)등을 사용해 얻을 수 있었다.

각각의 모바일 노드들은 신뢰성 높은 RSSI를 얻기 위해서는 많은 시간을 접속을 끊은 상태를 유지해야 했다. 반면에 많은 양의 데이터를 전송해야하면 그만큼 접속 시간을 길게 잡아야 하기 때문에 적절한 시간간격 조절이 요구되었다.

6. 결론

802.11 b/g의 RSSI를 이용한 지역화는 각각의 센서 노드들이 주기적으로 Beacon 패킷을 송출해야한다. Beacon 패킷을 송출하기 위해선 Infrastructure 모드의 AP 혹은 그 역할을 하는 노드가 필요했다. 또한 RSSI를 이용하고 동시에 데이터 송수신이 가능하려면 주기적으로 연결을 끊어 Beacon 패킷을 송출하는 메커니즘이 필요 했다. 이것을 효과적으로 해결하기 위해 AP 변환모드를 사용하였으며 적절한 시간간격 조절을 통해 RSSI의 신뢰성을 높이거나 데이터 송수신의 대역폭을 조절할 수 있었다.

7. Acknowledgement

본 연구는 『서울시 산학연 협력사업』 (Seoul R&BD Program)의 일환으로 수행하였다.

8. 참고문헌

- [1] Anastasia Katranidou, "Location-sensing using the IEEE 802.11 Infrastructure and the Peer-to-peer Paradigm for Mobile Computing Applications", Heraklion, February 2006.
- [2] P.V. Bahl and Padmanabhan, "Radar: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," in Proceedings of the Conference on Computer Communications (IEEE Infocom), (Tel Aviv, Israel), March 2000.