

## 근거리 무선 네트워크 내 고신뢰 무선측위 시스템 구현

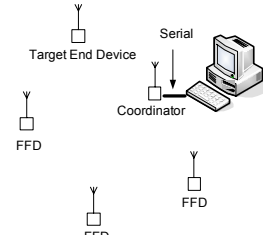
최성수, 김영선, 오취명, 이원태, 김관호  
한국전기연구원

### Implementation of High-Confidence Wireless Positioning System for WPAN

Sungsoo Choi, Youngsun Kim, Hui-Myoung Oh, Won-Tae Lee, Kwanho Kim  
Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)

**Abstract** - 본 논문은 근거리무선통신을 포함한 위치서비스를 위한 무선통신응용분야에 적용될 수 있는 고신뢰 고정밀 무선위치인식기술 방법을 제안한다. 제안된 위치인식방법은 양방향통신을 통해 추정된 무선 태그의 신호세기 및 시간차를 측정된 거리정보를 바탕으로 상대적 위치에 대한 확률적 계산을 수행하게 되며, 측정데이터의 부정확성으로 인한 위치추정의 오차를 줄일 수 있다. 또한 제안된 고신뢰 무선측위 코아 스택을 근거리무선네트워크 형성이 가능한 2.4 GHz ISM 협대역 밴드의 ZigBee 무선비콘 및 무선태그 디바이스들에 탑재하고 실증시험을 위하여 스마트 홈 실내 환경 아래에서 1m × 1m 의 위치인지를 가능케 하는 위치인식시스템을 구현한다.

보 이외에 신호의 세기와 전송시간지연과의 반비례관계를 이용한 시간 지연(TOA) 기반의 거리 데이터를 이용하여서도 위치를 추정할 수 있는 특징을 갖는다.



<그림 1> 무선위치인식을 위한 시스템 구성도

## 1. 서 론

최근 유비쿼터스 네트워크 기술의 관심이 높아지면서 국내외적으로 위치기반의 근거리 무선통신 네트워크 (WPAN: Wireless Personal Area Network)에 관한 연구가 활발히 진행되어 오고 있다. 특히, 셀룰러망, 무선 LAN, 또는 ad hoc 센서 네트워크 등의 도움을 받아 집밖은 물론 건물 내 위치인식 해결방안을 모색 중에 있으며, 이러한 다양한 토폴로지를 갖는 네트워크 내 위치인식 정보 데이터들을 종합하여 적절한 위치서비스를 제공하여 위치기반의 새로운 무선응용 시장을 열고 있다[1]. 위치를 인식하기 위해서는 우선적으로 무선 디바이스들 간 거리를 측정하는 것을 기반으로 한다. 일반적으로 신호 송수신을 통하여 거리 데이터를 수집하는 방법은 크게 두 가지 방법으로 나누어 볼 수 있다. 한 가지는 거리에 따른 신호의 감쇄 효과를 이용하는 방법으로서, 수신된 신호의 세기를 감지하여 상대적인 송신 기기의 거리를 추정하는 방법이다. 이는 기존의 2.4 GHz 영역에서 무선랜 시스템을 위하여 많이 제안되었으나 신호 세기의 영역이 광범위하여 오차 범위가 넓어짐에 따라 실제 응용이 어려웠다. 다른 방법으로는 초고주파 대역에서의 신호 지연을 이용하는 방법으로서, 거리에 따라 비례하는 신호 지연을 측정하여 거리를 추정하는 방법이다. 이는 초고주파 또는 초광대역 임펄스전송 송수신 물리계층의 지원이 따라야 하며 현재 IEEE 802.15.4a 표준이 지원하고 있다. 일반적으로 무선 태그를 중심으로 송/수신되는 신호는 안테나의 성능 및 주변 장애물의 배치와 인접 주파수 대역에서의 간섭, 잡음 등에 많은 영향을 받기 때문에 이로 말미암아 신호의 세기와 전송 지연 시간 등이 시간에 따라 변하게 된다. 따라서 전송 지연시간이나 신호의 세기를 이용하여 두 무선 노드 사이의 거리를 구한 데이터는 신뢰도가 떨어지게 되므로 이를 보완할 수 있는 효과적인 무선 위치인식 방법 및 시스템이 절실히 요구되고 있다.

그림 1은 무선 태그 위치 인식을 위한 시스템 구성도를 나타낸다. 무선 태그와의 신호를 송수신 하는 장치는 FFD(Full Function Device)로 표현되었고 이를 수집하는 장치는 코디네이터(Coordinator)로 표현되었다. 코디네이터는 FFD로 동작할 수 있으며 최소한 3대 이상의 FFD로 구성되어야 한다. FFD가 많아질수록 데이터의 신뢰도가 향상되게 된다. 코디네이터는 시리얼(serial)방식과 같은 인터페이스를 통하여 오류환경을 극복할 수 있는 무선위치 인식 프로세서 엔진이 탑재된 PC로 연결되며 PC는 코디네이터에서 구현된 알고리즘을 통하여 PC의 모니터로 위치인식 결과를 보여주거나 또는 코디네이터를 통하여 수집된 데이터를 받아 이를 알고리즘으로 분석하고 그 결과를 보여주게 된다. 위치에 대한 최초 정보제공을 위하여 FFD들의 위치 및 거리는 측정이 가능하고 사용자에 의해 이미 알려져 있다는 것을 가정한다. 따라서 무선 태그의 절대 위치에 대한 측정이 가능하다. LQI와 거리간의 관계를 위하여 실측을 통한 거리 데이터를 수집한다. 이는 대상 무선장치(device)들의 송신 전력과 안테나 성능이 크게 차이 나지 않는 환경을 가정으로 할 때 생길 수 있는 큰 오차를 막기 위한 것으로 0.5m ~ 1m 단위의 측정 거리 데이터를 LQI와 매칭하여 사용한다.

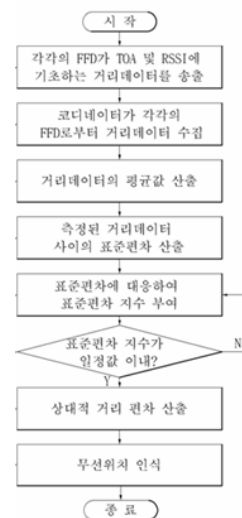
## 2. 무선위치인식 시스템

### 2.1 시스템 구성

무선위치인식 시스템을 구성하기 위하여 먼저 IEEE802.15.4규격을 따르는 상용칩을 적용한 송수신 모듈로 PAN을 형성한다. 이 때, 물리계층(PHY) 및 매체접속계층(MAC) 단에서 실제 측정된 신호의 세기 데이터를 기반으로 하여 error-prone 환경에서의 거리 오차와 측정 데이터의 상관 관계를 이용하는데, 이는 측정하고자 하는 태그(Tag)의 위치를 확률적 기반 알고리즘을 적용하여 최소 1m 이상의 정밀 무선 위치인식을 수행하게 된다. 무선 태그의 위치 인식을 위한 시스템은 무선 태그와 각 비콘 디바이스간의 신호 송수신을 통하여 거리 데이터를 수집할 수 있는H/W의 MAC/PHY단과 이를 이용하여 데이터를 해석하고 가공하는 무선위치인식 응용 영역으로 구분된다. 일반적으로 무선통신에서 수신 신호의 세기를 RSSI(Received Signal Strength Indicator)로 표시하고 이를 상관관계(Correlation)를 이용한 LQI(Level Quality Indicator)의 디지털 정보로 표시하여 상위 계층으로 전달하기 때문에 LQI 데이터를 이용하여 송수신 기기간 거리를 대략적으로 계산할 수 있다. 특히, 사용되는 데이터는 하위 계층에서 전달되는 거리 데이터이므로 RSSI/LQI 정

### 2.2 위치인식 알고리즘

무선 태그의 위치 인식 프로세서 엔진은 각각의 장치와 무선 태그간

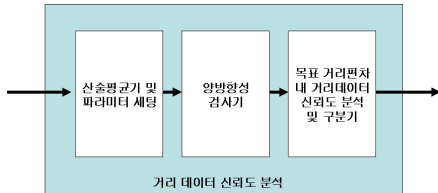


<그림 2> 무선위치인식 기능 흐름도

의 송수신 신호를 통하여 발생한 거리 정보를 바탕으로 위치를 추정한다. 본 발명에서 제안하는 위치 추정 알고리즘은 크게 거리데이터 신뢰도 분석과 위치 추정, 신뢰도기반 위치인식 확률계산의 세 부분으로 나뉜다. 데이터 신뢰성은 측정된 데이터가 얼마나 안정적으로 수신되었으며 높은 신뢰도를 가지는 지를 제공한다. 이러한 데이터 신뢰도는 H/W에서의 전송신호처리연도착시간 또는 수신신호세기의 신호 측정을 기초로 하여 무선 태그와 FFD간의 양방향 송수신 데이터를 모두 이용한다. 또한 일시적인 장애물과 무선 채널에서의 간섭 등의 영향을 고려하기 위하여 연속적으로 송수신된 데이터를 수집한다. 그림 2는 무선위치인식 알고리즘의 전체 기능 흐름도를 나타낸다.

### 2.2.2 거리 데이터 신뢰도 분석

그림 3은 거리 데이터 신뢰도 분석 모듈의 기능 흐름도를 나타낸다. 수집된 데이터는 우선적으로 개별적인 송수신 단을 기준으로 연속된 데이터의 안정성을 검사한다.

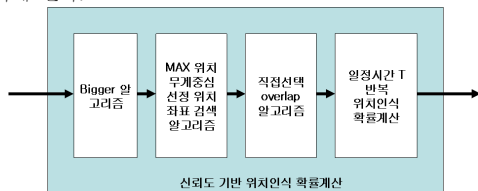


<그림 3> 거리 데이터 신뢰도 분석 흐름도

각각의 데이터는 수신단에서 데이터를 수신할 때 측정된 LQI 정보로 구성된다. 측정된 일련의 데이터들은 일정 단위로 나뉘어 평균값을 구하고 그 평균값을 대표 정보로 이용하게 된다. 이때 데이터 안정성을 보기 위하여 연속된 데이터 중 가장 큰 값과 가장 작은 값을 제외한 나머지 값을 이용한 평균값을 구하고 이 평균값을 다시 측정된 데이터와의 표준편차를 구하는데 이용한다. 이를 바탕으로 표준편차가 작을수록 높은 데이터 측정 신뢰도를 가지게 된다. 거리데이터로 LQI를 변화할 때 이를 송수신 시간전송 도착지연시간 또는 LQI 그 자체의 수신신호세기 감쇄에 따라 그 값들을 매핑하여 초기 거리 데이터 값들을 정렬할 수 있다. 본 알고리즘은 구해진 평균에서 주변 환경에 따라 주어진 기준 LQI 단계수준에서 거리데이터신뢰도 분석을 위한 지수를 단위 상수 파라미터에 의해 구분할 수 있다. 표준 편차가 커질 때 마다 표준편차 지수를 단위 상수 파라미터에 따라 증가시키고 표준 편차가 주어진 기준 LQI 보다 큰 경우에는 지수를 특정 단위 상수 파라미터로 정한다. 이렇게 구해진 평균값과 표준편차 지수는 양방향성 검사에 사용된다. 양방향성 검사는 각각 무선 태그와 FFD간의 양방향 데이터 차이를 보기 위한 것으로 장치의 송수신 안테나 이상이나 갑작스러운 공간적 영향 등을 살피기 위한 것이다. 즉 무선 태그와 FFD이 서로 주고 받은 LQI의 평균값의 차를 구하여 이 값이 큰 경우에는 양방향 데이터의 불균형이 심하므로 해당 경로의 데이터에 대한 신뢰도가 떨어진다고 볼 수 있다. 앞에서 구해진 표준편차 지수에 따라 평균값만을 이용하여 양방향 데이터의 상대적 거리 편차를 구할 수 있는데, 목표 편차의 차이에 따라 지수를 조절할 수 있다. 결과적인 위치 좌표는 위에서 구해진 거리 데이터를 기반으로 상대적 위치를 구할 수 있는데, 기본적으로 3점에서의 상대적 거리를 알 경우 삼각법에 의해 위치를 구할 수 있으며, 이를 바탕으로 FFD 두 개를 기준으로 할 때 무선 태그의 상대 위치는 대개 4~6개의 지점으로 해당 태그의 좌표가 계산되어 표시될 수 있다.

### 2.2.3 신뢰도 기반 위치인식 확률계산

위치인식의 정확도에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 실제 측정 수집된 거리데이터의 연속 정보에 대한 분석은 무선위치인식시스템 내의 위치인지를 위한 일정 시간 구간 동안 측정된 거리 데이터 수집이 반복되어, 그림 4에 나타난 것과 같이 무선 태그의 위치인식에 대한 확률적 계산을 수행하게 된다.



<그림 4> 신뢰도 기반 위치인식 확률계산 흐름도

이를 위해서 앞서 수행된 위치 좌표의 단순 결과값인 목표 무선태그의 다수개의 좌표지점이 결정되며, 양방향 지수가 좋은 데이터들에 대하여 각각의 지점(point)을 대상으로 두 점이 overlap 되었다고 정의한다. Overlap 지수가 커지면 overlap 위치가 두 곳 이상이 생길 수 있는데

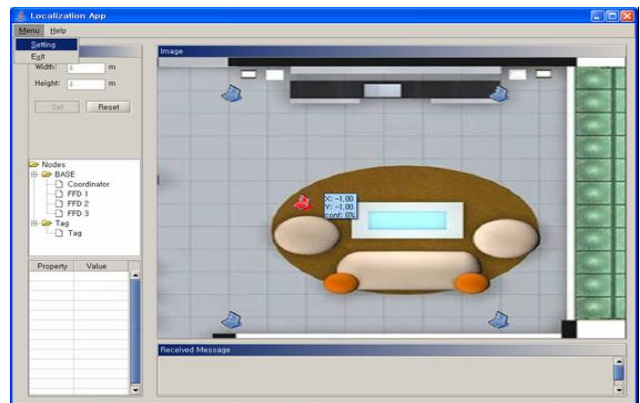
이때는 서로 overlap된 point를 가지는 FFD의 평균 LQI값을 비교하여 LQI가 큰 값을 우선으로 한다. 이를 The bigger 알고리즘이라고 정의한다. 양방향 지수가 큰 경우에는 데이터 신뢰도가 떨어지게 되므로 전체 데이터를 대상으로 overlap 지수를 측정한다. 이 때 가장 많은 overlap 이 나온 지점이 무선 태그의 위치가 되고 역시 overlap 위치가 2곳 이상 생길 경우에는 The bigger 알고리즘을 따른다. Overlap이 생기지 않을 경우에는 가장 큰 LQI를 나타낸 point 3 곳을 찾아 그 위치의 무게 중심을 위치로 선정하는 알고리즘을 적용한다. 무엇보다도 이러한 모든 알고리즘에 우선하여 무선위치인식 시스템 내 하나의 FFD와 무선 태그 사이의 거리가 1m 이내의 LQI를 나타낼 경우에는 무조건적으로 이 데이터를 우선시하여 무선 태그 위치를 획득할 수 있는 직접 선택 알고리즘을 적용하여 신뢰성이 높은 거리데이터를 우선권을 주어 태그의 위치좌표에 대한 신뢰성을 높인다 또한 FFD간의 거리 및 위치 정보를 사용자가 알고 있으므로 FFD간 거리가 충분하지 않을 경우에는 바로 직접 선택 overlap 알고리즘을 적용하여 사용하여 무선태그의 좌표를 습득한다.

### 2.2.4 무선 위치인식시스템 실증

무선 위치인식시스템 실증 실험을 위하여 그림 4에 보인바와 같이 4개의 IEEE802.15.4 송수신기를 비콘으로 하고 탁자위의 무선태그로 구성한다. 위치인식의 결과는 위치좌표와 신뢰성 정도를 확률계산에 기반하여 그림5에 나타난 것과 같이 거실 내 웹 브라우저를 통해 표현된다.



<그림 4> IEEE802.15.4 송수신기를 이용한 무선위치인식시스템 실증



<그림 5> JAVA로 구현된 무선위치인식 Web Browser 결과 화면

## 3. 결 론

본 논문에서는 2.4GHz IEEE802.15.4 송수신기를 이용한 무선위치인식을 위한 시스템을 구현하였다. 이를 위하여 거리데이터 신뢰도 분석 신호처리 알고리즘과 신뢰도기반 위치인식 확률계산방법을 제안하였다. 또한 실증실험을 통하여 1m x 1m 이내의 정밀위치인식이 가능함을 보였으며, 이는 위치기반 WPAN 응용기술에 다양하게 적용 활용 될 수 있으리라 예상된다.

### [참 고 문 헌]

[1] G. Sun, J. Chen, W. Guo, and K.J. Ray Liu, "Signal Processing Techniques in Network Aided Positioning", IEEE Signal Processing Magazine, pp.12-23, July 2005.