

위치인지 서비스를 위한 플랫폼 및 프레임워크 기술

조수형* · 윤명현**

1. 서 론

USN(Ubiquitous Sensor Network)/WSN (Wireless Sensor Network) 기반으로 구현된 실내에서의 실시간 위치인지 시스템(Indoor Real-Time Location System)은 자산관리, 장비 추적, 재고관리, 환자 모니터링, 원격 제어, 보안과 같은 다양한 분야에 활용될 수 있으며 특히 지능형 홈 서비스를 위한 중요한 요소 기술로 여겨지고 있다. 그러나 실내 위치인지 시스템은 구현 방법이 다양하고 이에 따라 서로 다른 장·단점을 갖고 있기 때문에 이에 대한 연구가 필요한 상황이다.

본 고에서는 대표적인 실내에서의 위치인지 서비스를 위한 플랫폼 및 프레임워크 기술에 대해 소개하고 이들 시스템을 비교, 분석한 후 앞으로의 실내 위치인지 시스템의 플랫폼 및 프레임워크 기술에 대한 방향을 제시하고자 한다. 2장에서는 위치인지 플랫폼 기술에 대해 설명하고 3장에서는 위치인지 프레임워크 기술에 대해 설명하며 마지막 결론에서는 최근에 소개된 위치인지 시스템에 대한 문제점과 향후 연구 방향에 대해 서술한다.

WSN 기반 실내에서의 위치인지 서비스를 실현하기 위한 플랫폼 구조는 사용된 위치인지 방식과 서비스의 규모에 따라 조금은 다를 수 있으나 기본적인 구조는 서로 유사하다. 이러한 플랫폼들은 전형적으로 태그라 불리는 소형의 저전력 트랜스미터를 사물(혹은 사람)에 붙이고 이 태그들의 위치를 파악하기 위한 리더기들이 배치되며 리더기들로부터 수집된 정보를 분석하여 태그의 위치를 지도로 표현해주는 위치 계측 서버로 구성된다. 리더기는 비콘(Beacon)노드로도 불리며 대부분 고정된 좌표를 지니고 있어 고정 노드(Fixed Node)로도 불린다. 반대로 태그는 위치 추정 대상으로 항상 움직이기 때문에 모바일 노드(Mobile Node)로도 불린다. 기본적인 위치인지 시스템의 구조는 그림 1과 같다. 이때 태그와 리더기와의 거리를 누가 전달해 주느냐에 따라 다시 (a)와 (b)로 나뉘어 진다.

2. 위치인지플랫폼 기술

일반적으로 리더기들이 측정할 수 있는 태그와의 거리는 제한되어 있기 때문에 위치인지 영역이 큰 규모일 경우, 시스템의 구조는 변경 될 수 있다.

* 교신저자(Corresponding Author) : 조수형, 주소 : 경기도 성남시 분당구 야탑동 68(463-816), 전화 : 031)789-7000, FAX : 031)789-7549, E-mail : shcho@keti.re.kr

* 전자부품연구원 지능형정보연구센터 선임연구원
 ** 전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅연구센터 센터장
 (E-mail : yoon@keti.re.kr)

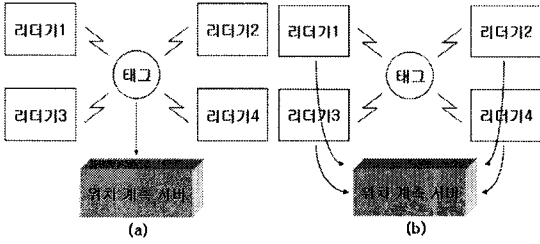


그림 1. 기본적인 위치인지 시스템 구조. (a) 태그가 거리정보 전달, (b) 리더기가 거리정보 전달.

이러한 경우에는 그림 2와 같이 큰 규모의 영역을 셀(Cell)이라 부르는 보다 작은 규모의 공간으로 나누어 각각의 셀을 관리하는 게이트웨이를 통해 위치 추정 시스템을 설계할 수 있다.

게이트웨이는 임베디드 플랫폼이 사용될 수 있으며 게이트웨이와 위치 계측 서버와의 통신은 유·무선 LAN을 통해 연결 될 수 있다. WSN 기반 게이트웨이는 RF 모듈을 직접 제어하는 방식으로 설계된 시스템이 적합하다.

위치인지 영역이 클 경우 게이트웨이를 사용하지 않고 위치인지 시스템을 구성하려면 그림 3과 같이 각 노드들(태그 및 리더기)은 멀티-홉(Multi-hop) Ad-Hoc 네트워크를 통해 측정된 거리를 위치 계측 서버로 전달 해 줄 수 있다. 이 방법은 노드들의 통신 프로토콜이 멀티-홉 Ad-Hoc 네트워크를 지원해야 하기 때문에 지능적인 센서 운영체제를 요구하게 된다.

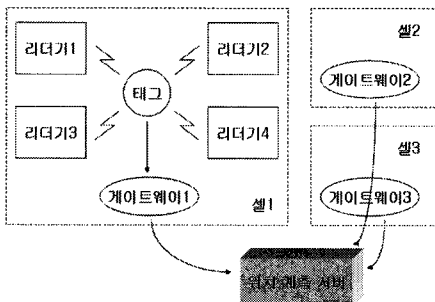


그림 2. 셀 단위의 위치인지 시스템 구조

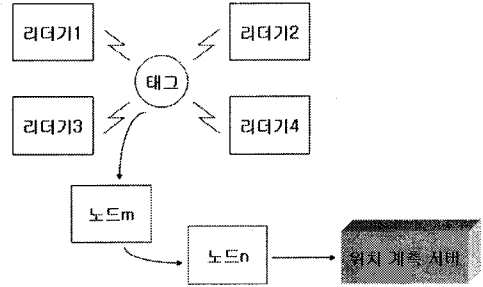


그림 3. 멀티-홉 Ad-Hoc 네트워크로 구성된 위치인지 시스템 구조

서비스 측면에서 위치인지 시스템의 기본 구조는 그림 4와 같다. 위치인지 시스템을 이루고 있는 USN/WSN과 위치 계측 서버가 서로 연결되고 위치 계측 서버는 위치 서비스를 받고자하는 다른 시스템에게 LAN/WAN을 통해 위치 서비스를 제공한다. 이기종(Hybrid) 네트워크와의 연결이 위치 계측 서버에 의해 이루어지는 것이다. 이러한 역할을 수행하는 기기를 USN 게이트웨이라 부른다.

WSN과 IP네트워크와의 연결이 중요한 문제로 인식됨에 따라 현재 이에 대한 표준화가 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 진행 중이다. 6LoWPAN이라 부르는 이 기술은 IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network를 뜻하며 센서 네트워크와 IP 네트워크를 직접 연동하는 기술로 개별 센서 노드까지 IPv6 스택을 보유하는 형태이다[1]. 기존의 센서 네트워크 운영체제에 이 기술을 지원하는 노력이 이루어지고 있다.

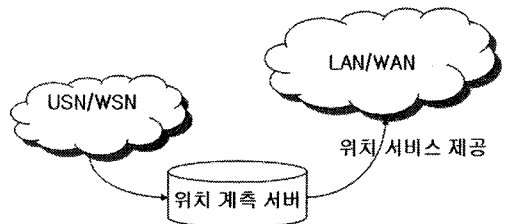


그림 4. 위치 서비스 제공을 위한 위치인지 시스템 구조

기능적 측면에서의 실시간 위치인지 시스템은 명확히 두 개의 주요한 부분으로 구성된다. 하나는 시스템에서 다양한 노드들(태그 및 리더기) 간의 거리를 측정하는데 사용되는 무선 레인징 센서 부분이고 다른 하나는 하나의 노드의 좌표를 결정하는데 사용되는 로케이션 엔진 부분이다.

2.1 레인징 센서

두 노드간의 거리를 측정하는데 사용되는 레인징 센서는 센서 디바이스의 한 부분이다. 보통 태그라 불리는 모바일 노드는 단순한 액티브 RFID 태그들로부터 온도, 조도, 기압, 모션 등을 감지할 수 있는 센서들 및 RF(Radio Frequency) 모듈을 포함한 다양한 형태로 나오고 있으며 태그의 위치를 파악하는데 사용되는 리더기들은 이와 유사한 형태의 위치가 정해져 있는 노드들이다. 이러한 노드들이 거리를 측정하는 방법에 따라 초음파 센서와 IR(Infra-red) 모듈 혹은 RF 모듈 등이 레인징 센서로 사용될 수 있다. MIT의 크리켓(Cricket) 및 AT&T의 Active Bat 시스템은 초음파 센서와 RF 모듈을 사용한 대표적인 실내 위치인지 시스템이며 AT&T의 Active Badge 시스템은 IR 모듈을 사용한 위치인지 시스템이다[2-4]. 마이크로소프트(Microsoft)의 RADAR 시스템은 RF 모듈을 사용한 위치인지 시스템으로 유명하며 특히 최근의 위치인지 시스템은 모두 RF 모듈을 사용하고 있는 것이 특징이다[5]. TI의 CC2431, 나노트론(Nanotron)의 CSS(Chirp Spread Spectrum), IR-UWB(Impulse Radio-Ultra Wideband)를 이용한 위치인지 기술 모두 RF 기반의 위치인지 기술들이다. UWB 기술을 이용한 위치인지 시스템은 유비센스(Ubisense)와 타임 도메인(Time Domain)이 유명하다.

위치인지 시스템은 사용된 레인징 센서 모듈에

따라 서로 장·단점이 다르다. 거리 측정의 정밀도 면에서는 초음파와 RF 모듈을 사용했을 경우 오차가 10cm 이내로 가장 정확하지만 초음파는 태그와 리더기간에 직진성을 요구하기 때문에 실제 환경에 적용하기에 적합하지 않다. 반면에 RF 모듈만을 사용했을 경우 태그의 움직임이 자유로울 수 있으나 거리 측정의 정밀도 면에서 오차가 1~2m 정도로 비교적 심해지는 단점이 있다. 최근에는 RF 모듈을 사용하면서 RSS(Received Signal Strength) 값을 사용하지 않고 오차를 1m 이내로 줄일 수 있는 CSS 기술이 등장하였다. 그리고 초음파는 라디오 신호에 비해 느리게 전달되기 때문에 태그의 위치를 추정하는데 걸리는 시간이 비교적 길다는 단점이 있다. 이러한 단점은 동시에 여러 개의 태그의 위치를 추정하기에 적합하지 않음을 의미한다.

2.2 로케이션 엔진

레인징 센서를 이용하여 측정된 신호는 거리측정 계산을 위해 사용된다. 로케이션 엔진은 태그와 리더기들간의 측정된 거리 값을 수집하여 태그의 위치를 추정하는 위치 추정 시스템의 한 부분으로 대부분 위치 계측 서버(PC 서버)에 위치한다. 로케이션 엔진은 수식 및 알고리즘을 사용하여 대상이 되는 태그의 위치를 결정한다. 태그의 위치를 계산하는 대표적인 수식법에는 각도를 이용하는 삼각측량과 거리를 이용하는 삼변측량이 있다. 거리측정 방법에 따라 적절한 위치 계산 방법을 사용하여 태그의 위치를 계산 할 수 있다. 태그의 위치를 계산하기 위하여 다음과 같이 다양한 거리측정 방법이 소개되었다.

- Angle of Arrival
- Time of Arrival
- Time Difference of Arrival

- Received Signal Strength Indication
- Time of Flight
- Round Trip Time
- Symmetric Double Sided Two Way Ranging (SDS-TWR)

이들 중 가장 최근에 소개된 나노트론의 SDS-TWR 방법은 그림 5와 같이 거리 신호와 응답 패킷을 사용함으로써 ToF의 단점인 클락 동기화 요구를 해결하였다[6]. MAC의 처리 시간이 양쪽 노드에서 같다는 가정 하에 하드웨어에 의해 생성된 응답 패킷을 사용한다. 이 때 어플리케이션 계층이 아니라 물리 계층의 타임스탬프가 사용된다.

처프 스프레드 스펙트럼 모듈레이션 기술을 통해 다중 경로 전송과 노이즈에 대한 방어를 제공하고 있으며 클락 드리프트와 오프셋 문제를 해결하기 위해 거리 측정은 태그와 리더기 양쪽에서 이루어지고 두 측정값은 평균화 되어 제공된다. 결과 값의 오차는 실험 환경에서 약 1m 이내로 비교적 정확하다. SDS-TWR은 RTT와 같은 방법으로 노드들 사이의 클락 동기화 문제를 해결한다. 신호는 하나의 노드에서 다른 노드로 그리고 다시 원래의 노드로 되돌아 전송 된다 (Round Tripping 혹은 Two Way Ranging). TWR 방법은 클락 동기화가 요구되지 않지만 클락 드리프트와 같은 문제점이 나타난다. 이 문제를 회피하는 간단한 방법은 거리 측정을 대칭적으로 두 번 수행하는 것이다. 양쪽에서 거리 측정을 두 번 수행

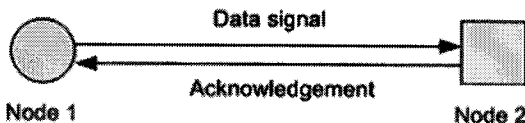


그림 5. 응답 패킷 전송

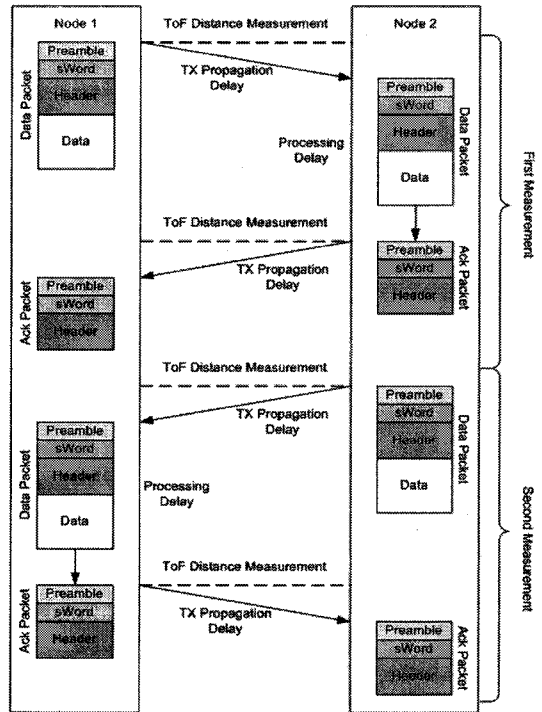


그림 6. Symmetric Double Sided Two Way Ranging

하고 평균값을 구함으로써 클락 드리프트 문제를 해결할 수 있다. 그림 6는 SDS-TWR 방법을 나타낸다.

유비센스는 UWB를 이용하여 위치인지 시스템을 구현하였다[7]. 유비센스의 거리측정 방법은 AoA(Angle of Arrival)와 TDoA(Time Difference of Arrival)를 사용한다. 두 가지 방법을 사용함으로써 위치인지 정확성을 높였다. 이 시스템은 약 15cm의 오차를 갖는다.

3. 위치인지 프레임워크 기술

실내 위치인지 시스템을 소프트웨어 구성으로 나누어 보면 센서 노드(태그 및 리더기)에서 동작하는 레인지 어플리케이션과 위치 계측 서버에서 동작하는 위치 추정 어플리케이션으로 구분할 수

있다. 레인징 어플리케이션은 센서 노드(태그 및 리더기)에서 동작하는 어플리케이션으로 레인징 모듈을 제어하여 거리를 측정하고 측정된 거리를 위치 계측 서버에 전송하는 작업을 담당한다. 센서 노드에서 동작하는 어플리케이션은 센서 네트워크 운영체제 기반으로 동작하는 어플리케이션과 특정한 운영체제 없이 단독(Stand-alone)으로 동작하는 어플리케이션으로 구분 할 수 있다.

센서 네트워크 운영체제 기반으로 동작하는 어플리케이션은 운영체제가 요구하는 특정한 프레임워크에 따라 개발되어야 한다. 이를 통해 운영체제가 지원하는 다양한 장치 드라이버나 통신 프로토콜, 서비스, 자원 등을 쉽게 사용할 수 있다. 대표적인 센서 네트워크 운영체제에는 UC 버클리의 TinyOS와 UCLA의 SOS, SICS의 Contiki, 콜로라도 대학교의 MantisOS, 카네기 멜론 대학교의 Nano-RK 등이 있으며 위치인지 플랫폼인 크로스보우 테크놀로지의 크리켓(Cricket)은 그림 7와 같이 TinyOS 기반으로 설계되었다[8-12]. 크리켓 센서 노드의 MCU는 ATmega128L이며 Chipcon(현 TI)의 CC2420 RF 모듈을 사용하고 있다.

이와 달리 단독으로 동작하는 어플리케이션은 범용적이지 않고 특정한 목적으로 개발되는 경우가 많다. 나노트론의 위치 센서 노드는

ATmega128L MCU와 CSS RF 모듈로 구성되어 있지만 센서 네트워크 운영체제를 사용하지 않고 그림 8과 같이 전용 어플리케이션에 의해 구동된다. 따라서 기능의 변형이나 확장이 용이하지 않다. 따라서 나노트론의 위치 센서 노드에 TinyOS와 같은 범용 센서 운영체제가 동작하게 되면 좀 더 많은 연구와 응용이 이루어 질것으로 보인다.

TI의 CC2431은 CC2430에 위치인지 기능이 강화된 SoC(System on Chip)로 ZigBee/IEEE 802.15.4 표준을 만족하고 있다[13]. CC2420 코어를 바탕으로 설계된 RF 모듈에 고성능 8051 마이크로컨트롤러가 결합된 형태를 취하고 있다. 위치인지 방법은 RSSI를 사용하며 3~5m 정도의 오차 범위를 갖는다. TinyOS는 CC2431에서 동작 가능 하지만 위치인지 기능을 사용하려면 그림 9와 같이 TI의 ZigBee 소프트웨어인 Z-Stack을

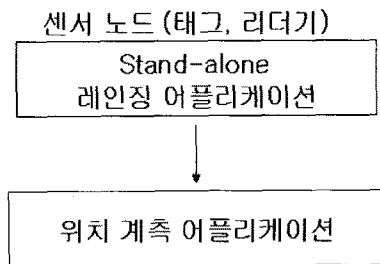


그림 8. 나노트론 위치인지 시스템

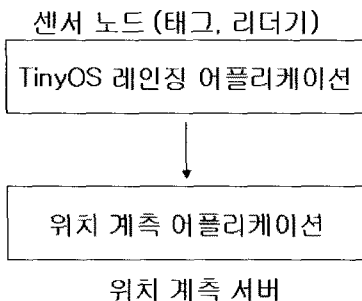


그림 7. 크리켓 위치인지 시스템

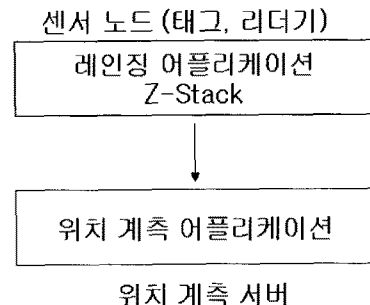


그림 9. CC2431 기반 위치인지 시스템

올려야 한다.

실내 위치인지 센서 노드가 위치 측정 이외에 추가적으로 다양한 작업을 수행하려면 센서 운영체제의 지원을 받는 것이 좋다. 대부분의 센서 운영체제는 센서 네트워크의 다양한 응용을 고려하여 설계되었기 때문에 체계화된 여러 모듈들을 쉽게 사용할 수 있도록 모듈화하여 제공하고 있다.

WSN 분야에서 널리 사용되고 있는 TinyOS는 이벤트-구동(Event-driven) 방식으로 설계된 센서 운영체제로 WSN을 위한 소프트웨어 프레임워크로 볼 수 있다. 오픈 소스로 개발되고 있는 TinyOS는 멀티-홉 Ad-Hoc 라우팅, 6LoWPAN과 같은 수많은 프로토콜 및 알고리즘을 포함하며 여러 가지 센서 플랫폼들을 지원한다. TinyOS는 센서 네트워크 특징에 따라 설계되었다. 작은 코드 사이즈를 갖으면서 저전력 및 병행 처리를 지원한다.

TinyOS의 구조는 그림 10과 같다.

TinyOS는 디자인과 사용의 분리를 목적으로 설계되었다. 어플리케이션은 컴포넌트들로 구성되며 컴포넌트는 모듈화된 소프트웨어 구조로서 모든 컴포넌트는 그림 11과 같이 네 개의 서로 관련된 부분들로 구성된다: 커맨드 핸들러, 이벤트 핸들러, 고정된 크기의 정적으로 할당된 프레임, 그리고 간단한 태스크들. 프레임은 컴포넌트

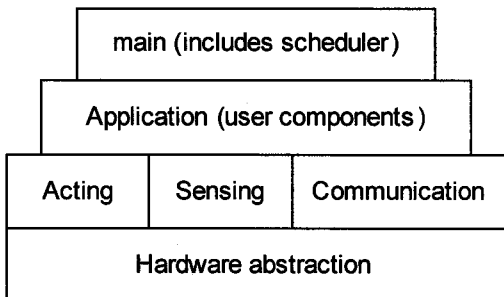


그림 10. TinyOS 구조

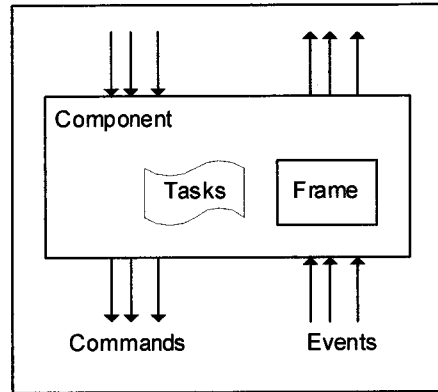


그림 11. 컴포넌트 구조

의 내부 상태를 나타낸다. 태스크와 커맨드, 핸들러는 프레임 컨텍스트로 실행되고 그 상태에 따라 동작한다. 더욱이, 컴포넌트는 사용할 커맨드와 시그널될 이벤트를 선언 할 수 있어 이를 통해 모듈화된 컴포넌트 그래프를 구성한다. 상위 계층의 컴포넌트는 하위 계층의 컴포넌트에게 커맨드를 사용하고 상위 계층의 컴포넌트에게는 시그널 이벤트를 사용한다.

위치인지 시스템의 위치 정보 처리를 위한 프레임워크는 그림 12와 같이 나타낼 수 있다. 상황 정보 처리 엔진은 레인지 센서를 통해 측정된 신호를 수집하고 측정된 신호를 바탕으로 위치 값을 계산할 수 있도록 거리나 각도로 변환하는 과정에 해당한다. 위치 상황 정보 분석 단계는 위치 값 계산에 있어서 오류로 판단 할 수 있는 값을 제한

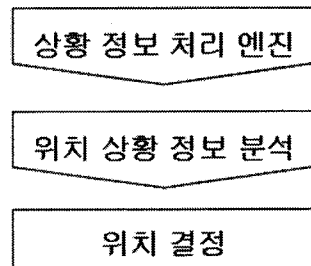


그림 12. 위치 정보 처리를 위한 프레임워크

하는 필터링(Filtering) 단계에 해당하며 위치 결정 단계에서는 위치 값을 계산하고 오차를 줄이기 위해 위치 값을 보정하는 과정을 거쳐 최종적인 위치 결정을 수행하는 단계에 해당한다.

위치 상황 정보 분석 단계에서의 필터링 과정은 일반적으로 임계값(Threshold)을 설정하여 값을 제한하거나 수집된 위치 정보 값들 중 우선순위에 따라 값을 제한하는 방법을 통해 의미 있는 데이터를 추출하는 과정이다. 위치 결정 단계에 있어서 계산된 위치 값을 보정하는 과정은 이전에 얻은 값들이 반영되도록 하는 과정으로 간단히 산술 평균(Arithmetic Mean Average)이나 가중 이동 평균(Weighted Moving Average)을 이용하는 방법이 있고 GPS와 같은 시스템에서 많이 사용하는 칼만 필터링(Kalman Filtering)을 이용하는 방법도 있다. 가중 이동 평균이나 칼만 필터링과 같은 방법은 최근의 움직임이 위치 결정에 있어서 더욱 많이 반영되도록 하기 위한 방법이다. 특히 칼만 필터는 최소 자승법(Least Square Method)을 이용한 최적의 예측법으로 매우 다양한 분야에서 널리 사용되고 있으며 실내 위치인지 시스템을 위한 위치 보정에 매우 적합한 방법이다. WSN 기반 위치인지 시스템을 실제 환경에 적용하였을 경우 필터링과 보정 단계를 거치지 않고 측정된 위치 좌표는 오차가 심하기 때문에 적절한 필터링과 보정 방법을 선택해야 한다.

4. 결 론

가장 최근에 소개된 나노트론의 위치인지 시스템은 기존에 소개된 다른 위치인지 시스템의 단점을 기술적으로 많이 극복하고 있다. 그러나 실제 상황에 적용하였을 경우 여전히 불안한 위치인지 결과를 보여주고 있다. 이는 WSN 기반의 실내

위치인지 시스템의 구현이 매우 힘들다는 것과 앞으로 더욱 발전해야 한다는 점을 보여주는 부분이다.

위치인지 시스템과 관련된 다양한 문제점 및 이슈들이 이미 많은 논문을 통해서 다루어져 왔다. 그러나 지능형 홈 네트워크와의 연동 및 서비스에 대한 표준화 문제를 다루고 있는 문서는 찾아보기 힘들다. 현재의 실내 위치인지 시스템이 앞으로의 지능형 홈 서비스를 위한 위치인지 플랫폼으로 발전해 나가려면 이와 같은 문제점들에 대해 더욱 많이 논의가 이루어져야 할 것으로 보인다. 실내 위치인지 시스템과 OSGi(Open Service Gateway Initiative)와의 연동 등은 향후 흥미로운 연구 주제가 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] IPv6 over Low power WPAN (6lowpan) <http://www.ietf.org/html.charters/6lowpan-charter.html>
- [2] Cricket, <http://cricket.csail.mit.edu>
- [3] Active Bat, <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/bat>
- [4] Active Badge, <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/ab.html>
- [5] P.Bahl, V. Pdmnabhan, "RADAR: An In-building RF-based User Location and Tracking System," In Proc. IEEE INFOCOM, March 2000.
- [6] "Real Time Location Systems (RTLS)," Nanotron Technologies GmbH
- [7] "The Ubisense Precise Real-time Location System," Ubisense
- [8] TinyOS, <http://www.tinyos.net>
- [9] SOS, <https://projects.nesl.ucla.edu/public/sos-2x/doc>
- [10] Contiki, <http://www.sics.se/contiki>
- [11] Mantis, <http://mantis.cs.colorado.edu>

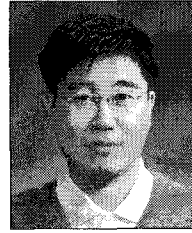
[12] nano-RK, <http://www.nanork.org/nano-RK>

[13] CC2431, <http://www.ti.com/corp/docs/landing/cc2431>



조 수 현

- 2000년 한국외국어대학교 컴퓨터공학과(석사)
 - 관심분야 : 임베디드시스템, 실시간 운영체제, USN
-



윤 명 현

- 1994 Iowa State University Electrical Eng. 박사
 - 전자부품연구원 유비쿼터스연구센터 센터장
 - 관심분야 : USN 응용, 지능형홈네트워크
-