

센서 네트워크 기반의 저전력 실내 위치인지 시스템 설계

*조수형 이상학

*전자부품연구원, 지능형정보시스템 연구센터

email : xfree@paran.com

Design of Low Powered Indoor Positioning System based on Sensor Network

*Soohyung Cho, Lee Sanghak

* Korea Electronics Technology Institute Intelligent IT System Research Center

요 약

상황인지로부터 알아 낼수 있는 여러가지 정보들 중에 하나가 위치정보이다. 위치인지는 어떠한 대상의 위치를 알아내는 것으로서 가장 대표적인 위치인지 시스템으로는 GPS 가 있다. 그러나 GPS 는 건물 내부에서 사용될 수 없는 단점을 지니고 있다. 이를 극복하기 위해 본 논문은 센서 네트워크 기반의 저전력 실내 위치인지 시스템 설계에 대해 기술한다. 구현된 실내 위치인지 시스템은 센서 네트워크 기반으로 설계되었다. 하드웨어 플랫폼은 모토를 기반으로 하고 있으며 운영체제는 Tiny OS 를 사용한다. 거리측정 방식은 RF 신호와 초음파 신호 사이의 시간차를 이용하고 위치측정은 삼각측량법을 이용하였다. 초음파를 이용한 다른 위치인지 시스템에 비해 저전력으로 동작한다는 점이 특징이며 위치추적이 정확하고 속도가 빠른 장점을 지니고 있다. 현재까지의 실내 위치인지 시스템은 몇가지 극복해야할 문제점들이 남아있지만 지속적인 연구를 통해 문제점들을 해결하면 홈 시큐리티나 오토메이션, 헬스케어 등과 연동하여 실내 환경에서 인간의 삶의 질 향상에 기여할 수 있을 것이다.

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅의 주요한 연구 주제는 상황인지(context-aware)이다. 상황인지는 실세계인 주변 환경으로부터 필요한 정보들을 수집하고 그 정보를 바탕으로 어떠한 조취를 취하는 것으로 설명될 수 있다. 상황인지 시스템을 통해 자동화(Automation)나, 상황에 따른 적절한 조취(Adaption), 사용자 중심의 서비스(Personalization) 등이 가능하다[1]. 상황인지 시스템을 구현하려면 주변 환경으로부터 필요한 정보를 얻어낼 수 있는 센서 노드들과 이 노드들로부터 수집된 데이터를 분석해 내고 조취를 취할 수 있는 컴퓨터가 필요하다. 센서 노드들은 주변 환경에 배치되어 주기적으로 주변 환경을 센싱하고 이 정보를 컴퓨터에 전송

하기위해 무선 통신을 사용한다.

상황인지로부터 알아 낼수 있는 여러가지 정보들 중에 하나가 위치정보이다. 위치인지는 어떠한 대상의 위치를 알아내는 것으로서 가장 대표적인 위치인지 시스템으로는 GPS(Global Positioning System)가 있다. 현재 GPS 는 일반 사용자들에게 카 네비게이션 시스템(Car Navigation System)으로 많이 사용되고 있다. 그러나 GPS 는 건물 내부에서 사용될 수 없는 단점을 지니고 있다. 이를 극복하기 위한 많은 연구중에 MIT 의 크리켓(Cricket) 프로젝트와 유비센스(Ubisense)사의 위치인지 시스템이 유명하다[2][3].

본 논문은 센서 네트워크 기반의 저전력 실내 위치인지 시스템 설계에 대해 기술한다. 2 장에서는 관련 기술로서 크리켓과 유비센스에 대해 소개하고 3 장에서는 몇가지 위치인지 시나리오에 대해 설명한다. 4 장에서는 본 논문의 주요 내용인 센서 네트워크 기반의

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 지원에 의한 것임

저전력 실내 위치인지 시스템 설계에 대해 설명하고 마지막으로 앞서 설계한 실내 위치인지 시스템의 문제점 및 향후 연구 방향에 대해 서술한다.

2. 관련 기술

실내에서의 위치인지 시스템은 비교적 오래전부터 연구되어왔다. 적외선을 이용한 방식과 초음파를 이용한 방식, RF(Radio Frequency) 신호를 이용한 방식, UWB(Ultrawideband)를 이용한 방식 그리고 영상 인식을 이용한 방식 등 그 방식도 다양하다. 본 절에서는 센서네트워크와 관련하여 최근까지도 활발하게 연구되고 있는 두개의 유명한 실내 위치인지 시스템인 크리켓과 유비센스에 대해 소개한다.

● 크리켓

MIT의 실내 위치인지 시스템으로 대상의 실시간 위치 추적이 가능하다. 위치 추적 방식은 RF 신호와 초음파 신호 사이의 시간차를 이용하고 있으며 이 시간차로부터 비콘(Beacon)과 리스너(Listener)와의 거리를 구하고 비콘 세곳으로부터의 거리 정보를 이용하여 삼각측량법에 의해 좌표를 계산한다. 크리켓은 모트(Mote) 플랫폼을 기본 플랫폼으로 하고 있으며 무선 통신은 433Mhz RF를 사용하고 어플리케이션은 Tiny OS에서 구동되도록 설계되었다[4]. 정밀도는 1cm ~ 3cm로 현재까지의 위치인지 시스템중에 가장 높은 정밀도를 지니고 있으며 모트 플랫폼의 크기 또한 10cm x 4cm x 3cm로 매우 작다.

천장에 배치된 비콘들은 매 1 초마다 RF 신호와 초음파 신호를 송신한다. 위치 추적 대상인 리스너는 이를 수신하여 거리를 계산하고 시리얼 포트로 연결된 PC나 PDA에게 계산된 거리정보를 전송한다. PC나 PDA는 리스너로부터 전송된 거리정보를 이용하여 리스너의 좌표를 계산한다. 비콘의 개수는 최소 3개 이상이어야 하며 최대 8개까지 가능하다.

● 유비센스

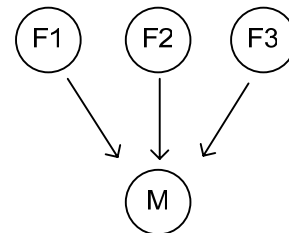
유비센스사는 UWB 기술을 이용한 실시간 위치인지 솔루션을 제공하고 있다. 유비센스 위치인지 시스템의 위치 추적 방식은 UWB 신호의 TDOA(Time Difference Of Arrival)와 AOA(Angel Of Arrival)를 이용하고 있으며 TDOA와 AOA를 이용해 유비센서(Ubisensor)와 유비택(Ubitags)과의 거리를 구하고 유비센서 세곳으로부터의 거리 정보를 이용하여 삼각측량법에 의해 좌표를 계산한다[5]. 정밀도는 15cm로 초음파를 사용하는 방식에 비해 낮으나 다른 방식에 비해서는 높은편이다. 플랫폼의 크기도 17cm x 12cm x 5cm로 모트 플랫폼에 비해 비교적 큰편이다.

위치 추적 대상인 유비택은 주기적으로 UWB 신호를 송신한다. 건물에 배치된 유비센서 리시버는 이를 수신하여 거리를 계산하고 이더넷으로 연결된 PC 서버에게 계산된 거리정보를 전송한다. PC는 유비센서들로부터 전송된 거리정보를 이용하여 유비택의 좌표를 계산한다. 유비센서의 개수는 최소 3개 이상이어야 한다.

앞서 기술한 두 위치인지 시스템 사이의 가장 큰 차이점은 거리측정 방법에 있다. 크리켓은 RF 신호와 초음파 신호 사이의 시간차를 이용하고 있으며 유비센스사의 위치인지 시스템은 UWB 신호의 TDOA와 AOA를 이용하고 있다. 서로 다른 방식인 이들 사이에는 각각의 장단점이 있다. RF 신호와 초음파 신호를 이용하는 방식은 높은 정밀도를 보여주고 있으나 직진성과 같은 초음파 신호의 제약으로 인해 사용하는 데 있어서 몇몇 문제점을 지니고 있다. 반면에 UWB 신호를 이용하는 방식은 전자에 비해 낮은 정밀도를 보여주지만 사용하는 데 있어서는 보다 자유로운 장점이 있다. 그러나 이 방식도 UWB 신호의 간섭문제와 같은 또다른 문제점을 지니고 있다. 이런 문제점들을 줄이기 위해 다양한 방식을 함께 사용하는 하이브리드(hybrid) 방식이 연구되기도 한다.

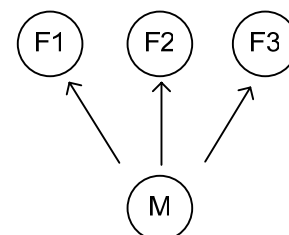
3. 위치인지 시나리오

몇몇의 위치인지 시스템들은 대상의 위치를 추적하는 방식에 있어서도 차이점을 보이고 있다. 본 절에서는 세가지 다른 위치 추적 시나리오에 대해 기술하고 이들간의 차이점에 대해 살펴본다.



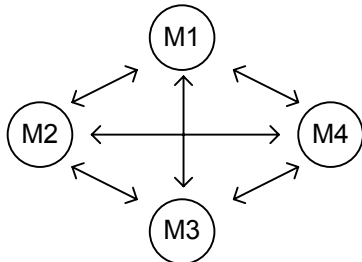
(그림 1) 위치인지 시나리오 I

일반적으로 건물 천장이나 벽에 배치되어 이동이 불가능한 노드를 고정노드(Fixed node)라 하고 이동이 가능한 노드를 이동노드(Mobile node)라 한다. 그림 1의 F1 ~ F3는 고정노드를 나타내고 M은 이동노드를 나타낸다. 이와 같은 경우 고정노드를 비콘이라 부르기도 한다. 이 시나리오는 고정노드에서 주기적으로 신호를 송신하고 이동노드에서 이 신호를 수신하여 위치를 계산하는 방식이다. 일반적으로 이동노드는 거리정보만 계산하고 이 정보를 다시 PC로 전송하여 위치를 계산하게 된다. 이 방식의 단점으로는 이동노드가 없더라도 고정노드는 계속 동작하기 때문에 전력의 낭비가 심하다. 그리고 이동노드가 PC와 연결되어 있어야 하기 때문에 이동의 불편함도 있다. 또한 구조가 집중형이기 때문에 이동노드에 부하가 걸리게 된다. 크리켓은 이와 같은 위치인지 시나리오로 동작한다.



(그림 2) 위치인지 시나리오 II

그림 2 는 이동노드가 주기적으로 신호를 송신하고 고정노드에서 이 신호를 수신하여 위치를 계산하는 방식이다. 이같은 경우 일반적으로 고정노드는 거리정보만 계산하고 이 정보를 다시 PC 로 전송하여 위치를 계산하게 된다. 이 방식의 단점으로는 고정노드가 모두 PC 와 연결되어 있어야 한다는 점이다. 그러나 이동노드가 동작할 때에만 고정노드가 동작하기 때문에 시나리오 I 에 비해 전력면에서 이득을 볼수 있고 이동노드가 PC 와 연결될 필요가 없기 때문에 이동의 불편함도 없다. 또한 분산형이기 때문에 부하가 걸리는 노드가 없다. 유비센스는 이와 같은 위치인지 시나리오로 동작한다.

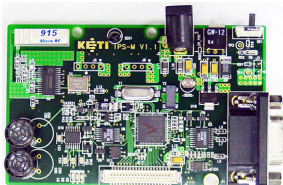


(그림 3) 위치인지 시나리오 III

그림 3 은 고정노드가 없고 이동노드만 존재한다. 각각의 이동노드는 서로간에 위치를 계산하고 이 정보를 PC 에 전송한다. 이 시나리오는 위치 계산시 발생할 수 있는 노이즈로부터 오차를 줄이고 오류를 없애기위해 연구되었다[6]. 앞서 서술한 시나리오 I 과 II 에 비해 복잡한 알고리즘을 사용하며 이동노드만 존재하기 때문에 기준노드를 정할필요도 없다. 하지만 서로간의 위치측정은 많은 연산량을 필요로하고 이로 인해 위치 추적 속도가 비교적 느리며 노드들간에서 마주보고 있어야 한다는 제약조건이 있다.

4. 구현 및 설계

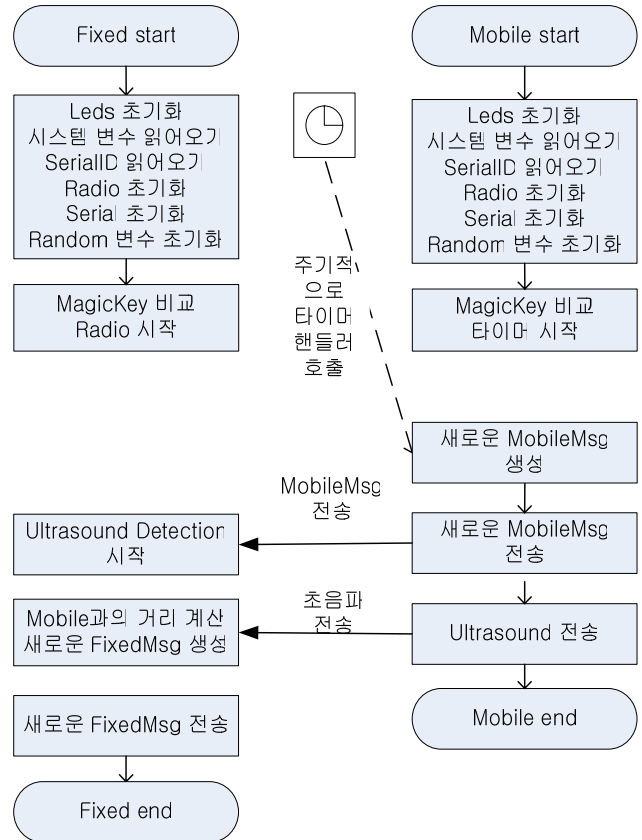
구현된 실내 위치인지 시스템은 센서 네트워크 기반으로 설계되었다. 하드웨어 플랫폼은 그림 4 와 같이 모터를 기반으로 하고 있으며 위치인지를 위해 두개의 초음파 센서를 가지고 있다. 무선 통신은 915MHz 대역의 라디오 주파수를 사용하고 커넥터가 달려있어 추가로 다른 센서 모듈을 붙일 수 있도록 설계되었다. 크기는 9.5cm x 5.5cm x 3cm 이다.



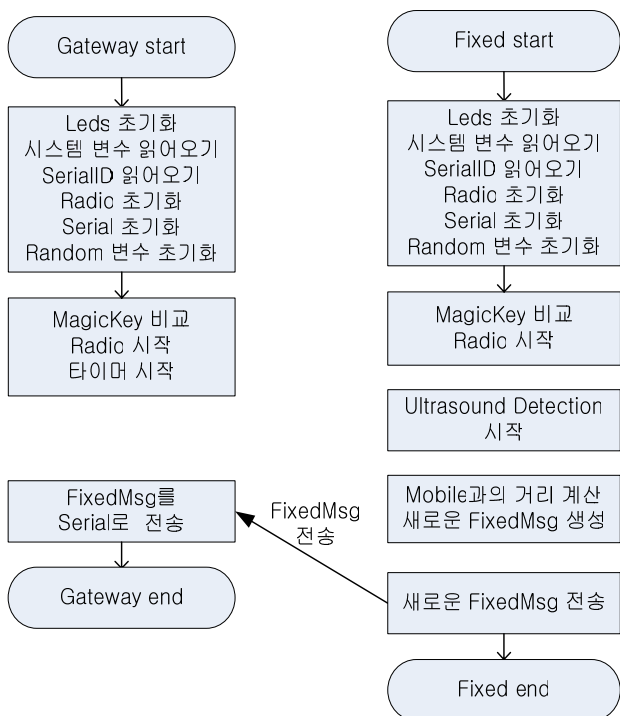
(그림 4) 위치인지 하드웨어 플랫폼

상기 하드웨어 플랫폼은 Tiny OS 운영체제를 사용한다. 따라서 위치인지 어플리케이션도 Tiny OS 에서 구동되도록 NesC 로 작성되어 있다. 위치인지 어플리케이션은 설정된 값에 따라 동작 방식이 다르다. 동작

방식은 고정노드로 동작할 것인지 이동노드로 동작할 것인지 혹은 게이트웨이노드로 동작할 것인지를 결정하는 것으로 본 위치인지 시스템은 그림 2 와 같은 위치인지 시나리오를 갖는다. 이 시나리오는 이동노드가 동작할 때에만 고정노드가 동작하기 때문에 전력면에서 매우 효율적인 특징을 지니고 있다.



(그림 5) 고정노드와 이동노드간의 실행 순서도



(그림 6) 고정노드와 게이트웨이노드간의 실행 순서도

그림 5 와 6 은 고정노드와 이동노드, 고정노드와 게이트웨이노드간의 실행 순서도를 나타낸다. 이동노드는 매 1 초마다 RF 신호와 초음파 신호를 고정노드에게 전송한다. 고정노드는 수신된 두 신호 사이의 시간차를 이용하여 거리를 구하고 이 정보를 다시 게이트웨이노드에게 RF 신호로 전송한다. 게이트웨이노드는 고정노드들로부터 전송된 거리정보를 시리얼 포트에 연결된 PC 에게 재전송한다. 마지막으로 PC 는 삼각측량법을 이용해 이동노드의 위치 좌표를 계산한다.

센서 네트워크의 RF 무선 통신은 데이터 송수신시 발생할 수 있는 데이터 충돌 오류를 회피하기 위해 CSMA-CA(Carrier Sense Multiple Access-Collision Avoidance) 방식의 MAC(Medium Access Control) 알고리즘을 사용한다[7]. 그러나 실제로 많은 센서 노드를 사용하여 무선 통신 실험을 해보면 가끔씩 데이터가 깨지는 현상이 발생한다. 이러한 데이터들을 사전에 제거하는 편이 본 위치인지 시나리오에서는 적당하며 이를 위해 RF 패킷이 전송될 때마다 CRC 를 계산하여 에러를 검출 한후 깨진 데이터는 제거하는 방식을 사용 하였다.

초음파 신호는 직진성을 갖는다. 따라서 초음파 신호 송수신시 중간에 어떠한 장애물이 있을 경우 송수신이 제대로 되지 않거나 신호가 왜곡되어 거리를 측정할때 오류가 발생하게 된다. 이러한 오류를 줄이기 위해 위치인지 시스템들은 다양한 필터 알고리즘을 사용하고 있다. 이중 가장 대표적인 알고리즘인 칼만 필터는 다양한 분야에서 광범위하게 사용되고 있다[8]. 칼만 필터는 실시간으로 잡음 운동방정식을 가진 시간에 따른 방향을 추적하는 효율적인 계산법이지만 이것만으로는 오차가 심한 거리정보와 함께 계산된 위치좌표를 보정하는데에 한계가 있다. 이런 경우에는 오차가 심한 거리정보를 사전에 제거한 후 비교적 오

차가 덜한 거리정보만으로 위치를 계산하고 칼만 필터를 적용하는것이 효과적이다. 본 실내 위치인지 시스템은 오차가 심한 거리정보를 사전에 제거하기 위해 최단거리를 우선으로하는 필터 알고리즘을 고안하여 적용하였다. 이 알고리즘은 초음파로 측정된 거리 정보에 오류가 났을 때는 항상 실제 거리보다 큰 값을 갖는다는 실험 이론에 근거를 두고 있다. 칼만필터는 적용되지 않았으며 차후에 지원할 계획이다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 실내 위치인지 시스템은 센서 네트워크 기반의 저전력 실내 위치인지 시스템으로 거리측정 방식은 RF 신호와 초음파 신호 사이의 시간차를 이용한다. 초음파를 이용한 다른 위치인지 시스템에 비해 저전력으로 동작한다는 점이 특징이며 위치추적이 정확하고 속도가 빠른 장점을 지니고 있다.

초음파 신호를 이용한 실내 위치인지 시스템은 다른 방식의 위치인지 시스템에 비해 정밀도가 매우 높은 장점을 지니고 있다. 그러나 초음파 신호의 여러가지 제약사항으로 인해 실제 환경에서 자유롭게 사용되기는 힘들것으로 보이며 현재로서는 다른 방식의 위치인지 시스템과 혼용된 형태 즉, 하이브리드(hybrid) 방식이 상용화면에서 대안으로 여겨진다. 현재까지의 실내 위치인지 시스템은 몇가지 극복해야할 문제점들이 남아있지만 지속적인 연구를 통해 문제점들을 해결하면 홈 시큐리티나 오토메이션, 헬스케어 등과 연동하여 실내 환경에서 인간의 삶의 질 향상에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Giles John Nelson, "Context-Aware and Location Systems", A dissertation submitted for the degree of Doctor of Philosophy in the University of Cambridge, January 1998
- [2] Cricket. <http://cricket.csail.mit.edu>
- [3] Ubisense. <http://www.ubisense.net>
- [4] Cricket v2 User Manual, <http://cricket.csail.mit.edu/v2man.html>, July 2004
- [5] The Ubisense Smart Space Platform, <http://www.ubisense.net/Product/whitepapers&downloads.html>, May 2005
- [6] D. Moore, J. Leonard, D. Rus, S. Teller. "Robust distributed network localization with noisy range measurements." In Proceedings of the Second ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. Baltimore, MD. November 3-5, 2004. pp. 50-61
- [7] Joseph Polastre, Jason Hill, David Culler, "Versatile Low Power Media Access for Wireless Sensor Networks", Proceedings of the Second ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, November 3-5, 2004
- [8] Mohinder S. Grewal, Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews, "Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration", John Wiley & Sons, 2000