

유비쿼터스 홈을 위한 실내위치인지 시스템 개발에 관한 연구

윤정미*, 정진욱**, 김대환*, 이상학*
전자부품연구원*, 성균관대학교**

A study of indoor localization system for ubiquitous home

Jungmee Yun*, Jinwook Chung**, Daehwan Kim*, Sanghak Lee*
Korea Electronics Technology Institute*, SungKyunKwan University**
E-mail: yunjm@keti.re.kr*

Abstract

위치응용 서비스는 유비쿼터스 컴퓨팅의 구현의 기반이 되는 중요 기술요소 중 하나이다. 특히 스마트 홈, 지능형 단말기, 스마트 스페이스의 구현을 위해서는 광역범위보다는 실내환경에서의 사용자, 오브젝트의 위치 인식에 대한 연구기술이 필요하다.

본 논문에서는 무선센서 플랫폼 및 통신기술을 이용한 실내 위치인식 시스템의 설계 및 구현에 관해 기술하고자 한다. 사용자 위치인식을 위한 기반기술로 RF 무선신호와 초음파신호간의 속도차를 이용한 DTOF 기반 거리측정과 삼각측량 기법을 이용하였다. 3~10cm의 위치오차를 가지는 정밀 위치계측 기술로, 개발된 시스템은 무선센서 플랫폼과 임베디드 게이트웨이 시스템, 위치계측 서버 시스템으로 구성되며, 시스템의 개발 및 실제환경에서의 테스트를 통하여 실생활 응용에 대한 가능성을 확인할 수 있었다. 또한 오차보정 및 멀티 센서를 통한 위치보정기법에 대해서도 논의한다.

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스 컴퓨팅 및 네트워크 원천기반 기술개발사업의 지원에 의한 것이다.

I. 서론

센서, 무선통신기술의 발전에 힘입어 실현 가능하게 된 무선 센서 네트워크는 실세계의 상황인지를 위한 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심기술로 떠올랐다. 저전력, 저가격, 다량의 노드로 구성되는 센서 네트워크는 기존의 단일 센서에서 수행하던 임무를 보다 많은 노드에 분배해서 수행하고, 데이터를 집단적으로 처리하여 정보의 정확도를 높이고 이를 통해 실세계의 현상을 보다 정확하고 신뢰성 있게 관찰할 수 있다. 특히, 유비쿼터스 컴퓨팅의 실현이 눈앞으로 다가온 현 상황에서 언제 어디나 존재하는 센서 네트워크를 활용한 다양한 응용서비스에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다. [1]

또한 언제, 어디서나 사용자의 상황을 자율적으로 인지하고 상황에 적절한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 컴퓨팅의 실현을 위해서는 사용자가 현재 어디에 위치하고 있는지에 대한 위치정보 습득에 대한 위치인지 기술이 우선적으로 지원되어야 할 기반기술이다. [2]

현재 위치인식 서비스 관련기술로 GPS, A-GPS, 휴대폰 기지국을 이용한 위치추적기술, LandMark, 점/방향/이격거리 등을 이용한 위치참조기술, 토폴로지, 축적전환, 포맷변환을 통한 수치지도기술 등이 있으나, 이는 실외에서 주로 사용되는 기술로 좀더 정밀한 위치를 이

용하여 실내 사용자에게 적합한 서비스를 제공하기 위한 실내 위치인지 기술에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본고에서는 무선 센서네트워크를 이용한 실내 위치인지 시스템에 대하여 연구하였으며, 기반 인프라 및 구현 알고리즘, 시스템 구현기법에 대해서 기술하고자 한다. 2 장에서는 수 센티미터에서 수 미터의 정확도를 가지는 위치인지 기술 연구동향에 대해서 살펴보고, 3 장에서는 본 논문에서 연구한 초음파, RF 기반의 무선 센싱 기술을 이용한 위치인지 시스템에 대해서 기술하고자 한다. 마지막으로 4 장에서 개발된 시스템의 기능 및 성능시험결과에 대해서 논하고, 결론 및 향후 연구 방향으로 끝을 맺고자 한다.

II. 관련연구

위치인식 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅을 구성하는 중요한 요소 기술 중 하나로 대상물의 위치를 자동으로 인식하고, 이를 기록 및 보고할 수 있는 기술로 측정장식에 따라 삼각측량(Triangulation), 장면분석(Scene Analysis), 근접방식(Proximity)로 구분된다.

현재 위치인식 시스템으로는 적외선을 이용하여 근접인지 기술을 응용한 Active Badge[3], 초음파 발생기를 이용하여 네트워크를 구축하고 모바일 노드에서 수신된 데이터를 기반으로 삼각측량기법을 이용하여 사용자의 위치를 인지하는 MIT의 Cricket System[4], 장면분석 및 Lateration 을 이용하여 3~4m 오차범위에서 위치인지가 가능한 RADAR 시스템 등이 있다. 이외에도 전자기 센서를 이용한 MotionStar Magnetic Tracker 시스템이 있다.

III. 실내위치인지 시스템 설계 및 구현

실내 위치인지시스템은 초음파와 RF 간의 전송속도의 차인 TDOF(Time Difference of Flight)를 이용하여 사용자의 위치를 측정하는 시스템으로 수 센티미터의 정확도를 가지는 실내 위치인지 기술이다. 이는 사용자와 무선 센서 사이의 거리정보를 수집하는 무선 센서시스템, 수집한 거리정보를 바탕으로 사용자의 위치를 계산하는 실내위치인지 서버시스템으로 구성된다.

3.1 실내 위치인지 시스템 구조

시스템의 전체 구성도는 그림 1 과 같다. 사람/사물 등의 오브젝트에 부착되어 위치계산을 위한 기본시그널인 초음파와 RF 신호를 주기적으로 방출하는 모바일 노드와 모바일의 방출신호를 수신하고 두 신호간 시간차를 이용하여 거리계산을 하는 비콘 노드, 비콘노드에서 계산한 위치정보를 섹션별로 수집하여 서버로 전송하는 게이트웨이, 수집된 거리정보를 바탕으로 사용자의 위치정보를 계산하는 위치계측 서버시스템으로 구성된다.

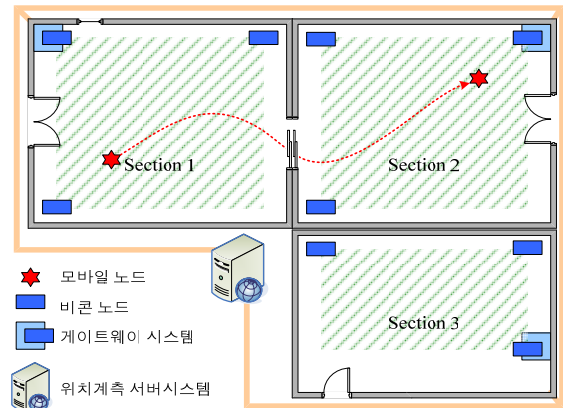


그림 1. 실내 위치인지 시스템 구성도

액티브 위치인지 방식으로, 모바일 노드는 사용자가 들고다니거나 애드온되는 센서노드로 0.5 초단위로 주기적으로 RF, 초음파 신호를 동시에 발송하며, 천장에 배치된 비콘노드는 이 신호를 수신하여 모바일 노드와의 거리를 구하고 계산된 정보를 게이트웨이로 전송한다. 게이트웨이는 비콘들로부터 받은 거리정보를 위치서버 시스템으로 전송하게 된다. 해당 하드웨어는 아래 그림 2,3 과 같다.

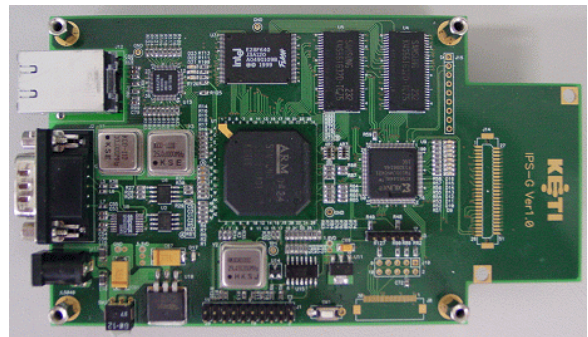


그림 2. 게이트웨이 시스템

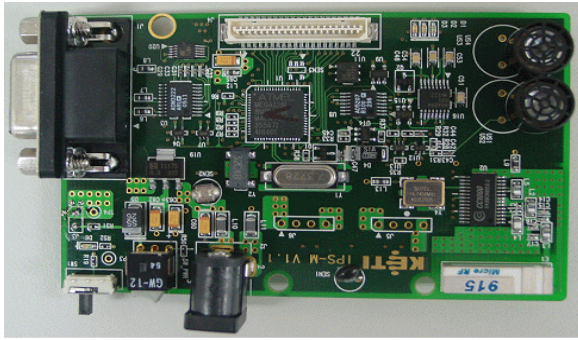


그림 3. 모바일/비콘 노드

모바일/비콘 노드는 RF 신호 전송을 위한 915MHz RF 칩과 초음파신호 발송을 위한 센서를 단 Atmega128CPU 기반 무선센서 노드이며, 게이트웨이는 Arm 코어 S3C2440 을 내장한 임베디드 시스템으로 무선센서 노드와의 통신을 위한 915MHz 통신 인터페이스와 서버시스템과의 통신을 위한 이더넷 인터페이스를 가진다.

3.2. 위치계측 서버 시스템 설계 및 개발

3.2.1 위치계측 알고리즘

본 장에서는 위치계측 서버 시스템의 설계 및 소프트웨어 구조에 대해서 기술한다. 먼저 위치계측 서버에서 위치계측을 위한 거리정보를 수집하고, 이를 이용하여 사용자 위치를 계측하는 방식에 대해서 기술한다. 우선 위치계측 서버는 물리적 혹은 논리적으로 분리된 섹션이라는 단위로 위치계산을 수행한다.

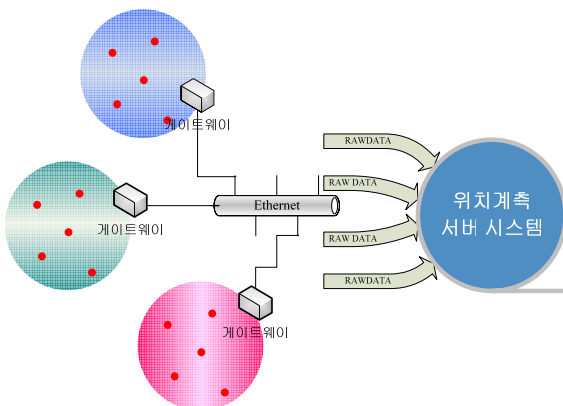


그림 4. Raw Data Collection

그림 4 와 같이 각 섹션에는 각 섹션의 거리데이터를 수집하는 게이트웨이가 있으며, 위치계측서버는 모바일 노드가 위치한 섹션에서 수집한 거리 정보만을 필터링하여 위치정보를 계산하게 된다.

모바일/비콘 노드의 수에 따라 Raw 데이터량에는 차이가 발생하게 되는데, 기본적으로 모바일의 위치를 계산하기 위해서는 최소 3 개 비콘으로부터의 거리정보만 있으면 된다. 그러므로 우선 좌표계산에 들어가기 전에 활용 가능한 거리정보만을 필터링해야 한다. 이때 필터링을 하는 기준은 아래와 같다.

- 모바일이 속해있는 섹션의 ID 에 따라 해당 섹션에 속한 비콘의 거리 정보만을 필터링한다.
- 임의시간 Time(t0)에 수신한 비콘의 거리정보가 3 개 이상일 경우, Best Choice 를 이용한 거리계측을 수행한다. 이를 위해 먼저 Time(t0)에 수신한 거리정보를 최소거리 순으로 정렬한다.
- 정렬된 거리정보 중 최소 3 개만을 선별하여, 좌표계산정보로 활용한다.

좌표계산을 위한 거리정보의 필터링이 완료되었으며, 비콘의 위치정보와 계측된 거리정보를 이용하여 좌표계산을 수행한다. 이론적으로, 3 차원에서는 같은 평면상이 아닌 서로 다른 4 개의 좌표와 거리를 통해 위치를 알 수 있다. 같은 평면상 3 개의 비콘으로는 이론상 2 개의 교차점이 발생하게 된다. 이 중 하나의 좌표는 양수, 하나는 음수값을 갖게 된다. 하지만 모든 비콘이 천장에 배치되는 본 시스템에서는 모두 동일 평면상에 있기 때문에 z 값이 항상 양수 혹은 0 이며, 3 개의 비콘만으로도 모바일의 위치계측이 가능하게 된다.

위치계측 서버에서 x,y,z 좌표를 계산하는 방식은 아래와 같다. 먼저 2 차원에서의 모바일의 위치정보를 먼저 구한다. 이는 모든 비콘이 일직선상에 있지 않고 서로 다른 3 개의 좌표를 가지고 있으므로 가능하다. 아래 수식을 이용해서 계산을 하면, X 행렬에 모바일의 x,y 좌표 값을 얻어낼 수 있다.

$$AMATRIX = \begin{pmatrix} 2(X_1 - X_0) & 2(Y_1 - Y_0) \\ 2(X_2 - X_0) & 2(Y_2 - Y_0) \end{pmatrix} \quad X = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix}$$

$$BMATRIX = \begin{pmatrix} (X_1 + X_0)(X_1 - X_0) + (Y_1 + Y_0)(Y_1 - Y_0) + (D_1 + D_0)(D_1 - D_0) + (K - NOMINAL^2) \\ (X_2 + X_0)(X_2 - X_0) + (Y_2 + Y_0)(Y_2 - Y_0) + (D_2 + D_0)(D_2 - D_0) + (K - NOMINAL^2) \end{pmatrix}$$

$$AX=B$$

$$X=A^{-1}B$$

이렇게 구한 x,y 좌표로 피타고라스의 정리를 이용하여 계산하면 z 좌표를 쉽게 구할 수 있다.

$$Z_3 = \sqrt{(K_NOMINAL * dist[i])^2 - (resultX - x[i])^2 - (resultY - y[i])^2}$$

3.2.2 위치계측 서버시스템 설계

위치계측 서버 시스템의 구조는 아래 그림 5 와 같다.

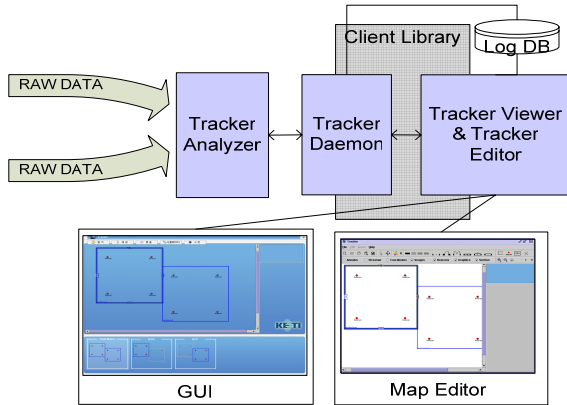


그림 5. 위치계측 서버시스템 구조

먼저 서버를 구동하고, 비콘의 위치와 게이트웨이 정보를 등록하면, Tracker Analyzer 모듈에서 게이트웨이에 접속하여 거리정보를 수신한다. 또한 수신된 거리정보는 Track Daemon 모듈로 전달된다. Track Daemon 은 위치계측을 수행하게 되며, 계산이 완료되면 계산된 결과값을 콜백 함수 형태로 호출할 수 있도록 한다. 계산된 위치정보를 수신하기 위해서는 해당 시스템과의 통신이 필요하며, Client Library 가 이러한 기능을 담당하는 모듈이다. 위치계측이 완료되면 해당 데이터는 GUI 시스템으로 자동 전송되며, 사용자의 위치를 트래킹하여 표시하게 되며 그림 6 과 같다.

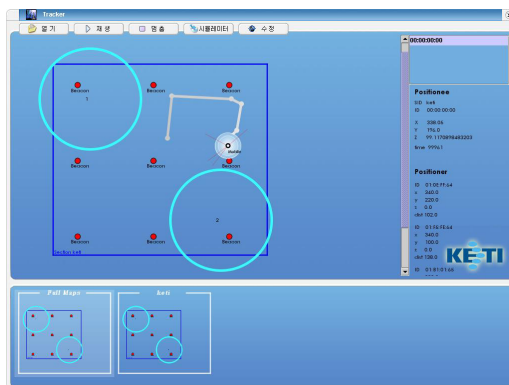


그림 6. 실내 위치인지 시스템 구현화면

그림에서 빨간색 포인트가 천장에 설치된 비콘 노드들을 나타내며, 하얀색 실선으로 표현된 것이 실제 사용자가 움직인 위치에 대한 계측결과이다. 실험결과 3cm ~ 10cm 의 오차범위 내에서의 위치인지가 가능하였다.

V. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 무선센서 네트워크를 이용한 실내 위치인지 시스템의 설계 및 구현에 대해 알아보았다. RF 와 초음파의 DTOF 를 이용한 방식은 다른 실내 위치인지 방식보다 정밀한 위치정확도를 제공하며, 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반인프라인 무선센서 네트워크를 활용하여 구현 가능하다는 장점이 있다. 그러나 초음파의 물리적인 한계인 LOA(Line of Angle)로 인하여 모바일 노드와 비콘노드의 송수신부가 각도 100° 내에 있어야 한다. 또한 장애요인이 있을 경우 초음파 신호의 전송이 어렵기 때문에 사람이 많은 장소에서는 정확한 위치 파악이 어렵다는 단점이 있다. 이는 실험결과를 통해서도 확인할 수 있었으며, 향후 가속도, 자기장 센서 등을 이용한 장애환경 극복 및 에러 보정 기술에 대한 연구를 수행함으로써 단일 위치계측으로 인하여 발생할 수 있는 문제점을 해결하는 방안들에 대해서 연구하고자 한다.

위치인식 기술은 기초알고리즘 연구나 응용부분연구에 있어 어느 정도 성숙된 기술로 평가될 수 있으며, 향후 단순히 기술개선이 아닌 가까운 미래에 도래할 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 적절히 응용되기 위한 여타 공학 분야의 서비스와의 융합에 대한 연구가 필요한 실정이며 이를 위한 다양한 응용, 기술분야에 대한 연구가 이루어져야 한다고 사료된다.

참고문헌

- [1] J. Heidemann et al., "Building Efficient Wireless Sensor Networks with Naming", Proc. of the Symposium on Operating Systems Principles, pp.146-159, Oct. 2001.
- [2] 한기준, "위치기반 서비스의 표준화와 연구동향", 정보화정책 제 10 권 제 4 호, 2003
- [3] Roy Want et al, "The Active Badge Location System", TOIS ACM Press, 1992
- [4] <http://nms.lcs.mit.edu/projects/cricket/>