

# 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템

이석\* · 김현희\*\* · 임정희\*\*\* · 김성훈\*\*\*\*

## 1. 서 론

최근 들어, 거주자에게 편리하고 안전하고 쾌적한 거주 환경을 제공하기 위하여, 지능형 홈 (smart home)에 대한 요구가 증대되고 있다[1,2]. 일반적으로, 지능형 홈은 가전 기기나 멀티미디어 기기, 인터넷 기기가 가사 활동뿐만 아니라, 생산, 연구, 오락 활동 등과 같은 모든 분야에서 거주자의 행동에 능동적으로 반응하고, 거주자가 원하는 상황에 가장 적합한 지능형 서비스를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여, 지능형 홈에서는 가전 기기나 멀티미디어 기기, 인터넷 기기가 홈 네트워크 시스템(home network system)을 통하여 연결되어 있으며, TV나 PDA를 이용하여 원격으로 제어되거나 감시됨으로써, 거주자의 편의성과 안전성을 향상시키는 기능을 수행하고 있다[3,4].

특히, 최근에는 거주자의 존재 여부나 생활 패턴, 건강 상태, 감정 상태 등과 같은 다양한 정보를

바탕으로 보다 질 높은 지능형 서비스를 제공하기 위하여 위치 기반 서비스(location based service)에 관한 관심이 증대되고 있다[5,6]. 즉, 지능형 홈에서 거주자의 존재 여부나 생활 패턴을 파악할 수 있다면, 가전 기기들이 보다 더 능동적으로 서비스를 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 거주자의 요구에 미리 대처할 수 있는 능력을 가지게 될 것이다. 예로, 과거의 냉난방기기들이 거주자의 조작에 의하여 수동적으로 동작하였지만, 향후 가전 기기들은 거주자의 거주 위치와 건강상태 등을 파악하여 능동적으로 거주자에게 가장 적합한 환경을 제공해 줄 수 있을 것이다.

최근까지 실내(indoor)에서 거주자의 위치 정보를 파악하기 위하여, 다양한 실내 위치 인식 시스템(indoor location detection system)들이 개발되어 왔다[7]. 일반적으로, 실내 위치 인식 시스템은 사용되는 방법에 따라 3가지로 분류될 수 있다. 첫째, 삼각 측량(triangulation) 방식은 미리 정의되어 있는 기준점들로부터 거리를 측정하여 물체의 위치를 계산하는 방식으로써, 적외선(infrared)을 사용하는 Active Badges, 초음파(ultrasound)를 사용하는 Active Bats, 비전을 사용하는 Easy Living 등과 같은 시스템이 있다. 둘째, 장면 분석(scene analysis) 방식은 관측하려는 물체의 특징 점의 움직임을 파악하여 위치를 결정하는 방식으로서, DC magnetic tracker를 사용하

※ 교신저자(Corresponding Author) : 이석, 주소 : 부산광역시 급정구 장전2동 산30(609-735), 전화 : 051)510-2320, FAX : 051-514-0685, E-mail : slee@pusan.ac.kr

\* 부산대학교 기계공학부 교수

\*\* 부산대학교 대학원 지능기계공학과 박사과정 (E-mail : cjssus48@pusan.ac.kr)

\*\*\* (주)오토닉스 책임연구원

(E-mail : jhlim@autonics.co.kr)

\*\*\*\* (주)오토닉스 책임연구원

(E-mail : ksh119sh@autonics.co.kr)

는 MotionStar, IEEE 802.11을 이용한 RADAR 등이 있다. 마지막으로, 근접(proximity) 방식은 알려져 있는 기준점과의 근접성(nearness)을 이용하여 위치를 결정하는 방식으로서, 압력 센서를 이용한 Smart Floor, RFID를 이용한 Automatic ID systems 등이 있다.

또한, 실내 위치 인식 시스템은 거주자의 단말기 소유 여부에 따라 Active Bats와 같은 단말기 기반 방법과 비전 센서나 압력 센서 등을 사용한 비단말기 기반 방법으로 나누어 볼 수 있다. 적외선이나 초음파를 사용하는 단말기 기반 방식의 경우 거주자의 위치를 찾는 것이 아니라 거주자가 소지한 단말기의 위치를 찾는 것이다. 이로 인하여, 실내에서 거주자가 항상 단말기를 소지하고 있어야만 위치 인식이 가능하다는 문제점을 가지고 있다. 반면, 단말기가 필요하지 않는 비전을 이용한 Easy Living의 경우 가정 내에서 사생활 침해 논란을 야기할 수 있으며, 압력 센서를 이용한 Smart Floor의 경우 낮은 확장성과 관리의 어려움이 존재한다[8].

따라서 본 논문에서는 지능형 홈에서 적용이 가능하도록, 최소한의 거주자 정보만을 이용하면서 비단말기 방식으로 대략적인 위치 인식을 할 수 있는 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템(PILAS: Pyroelectric infrared sensor-based Indoor Location Aware System)을 제안한다. 본 논문에서는 거주자를 인식하기 위하여 초전 센서를 사용하였으며, 다수의 초전 센서로부터 출력된 정보를 센서 융합(sensor integration)하여 거주자의 위치를 인식할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 또한, 본 논문에서는 이러한 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템의 위치 인식 정밀도를 높이기 위하여, 센서 배치, 인식 영역의 크기와 인식 정밀도 사이의 관계를 분석하고자 한다. 마지막으로,

로, 실험 모델을 이용하여 제안된 실내 위치 인식 시스템의 정밀도를 측정하였으며, 지능형 홈을 위한 실내 위치 인식 시스템으로서의 가능성을 확인하였다.

본 논문은 서론을 포함하여 5장으로 구성되어 있다. 2장에서는 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템의 구조에 대하여 설명하였으며, 3장에서는 PILAS 센서 배치를 위한 성능 지수에 대하여 제안하고 평가하였다. 4장에서는 지능형 홈 내부에서의 적용 가능성을 확인하기 위하여, 실내 위치 인식 시스템 실험 모델에서의 성능 평가를 수행하였다. 마지막으로, 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 서술하였다.

## 2. 초전센서 기반 실내 위치 인식 시스템

지능형 홈에서 사용되는 위치 인식 시스템은 실내라는 특수성으로 인하여 다음과 같은 조건이 만족되도록 설계되어야 한다. 첫째, 지능형 홈에는 다양한 크기의 방들이 여러 개 존재하고, 각 방에는 위치 인식을 위하여 다수의 센서가 설치되기 때문에, 최대한 저가격(low cost)으로 위치 인식 시스템이 구현될 수 있어야 한다. 둘째, 각 방의 기능에 따라 고정밀도(high precision)의 위치 인식과 저 정밀도(low precision)의 위치 인식이 필요할 수 있기 때문에, 각 방의 특성에 맞도록 정밀도 조절이 가능하여야 한다. 셋째, 지능형 홈의 경우 각 방들의 구조가 매우 다양하고, 가전 기기, 가구 등과 같은 가정 내의 장애물이 존재할 수 있다. 따라서 어떠한 조건에서도 위치 인식이 가능하도록 센서 설치의 유연성(flexibility)이 보장되어야 한다. 넷째, 지능형 홈에는 다양한 조명과 무선 랜이나 RF 등과 같은 네트워크가 사용되고 있다. 따라서 적용되는 센서는 이러한 주변 환경

에 영향을 받지 않도록 잡음에 대하여 강인(robustness)해야 한다.

본 논문에서는 이러한 조건을 만족하기 위하여 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템인 PILAS를 제안한다. 일반적으로, 초전 센서는 현관 등이나 방범 장치에서 널리 사용되고 있는 저가의 센서로서, 인체에서 방출되는  $9.4\mu\text{m} \sim 10.4\mu\text{m}$  파장의 적외선을 검출하기 때문에 가정 내에서 사용되는 다양한 무선기기들로부터 발생하는 전자파 노이즈와 온도, 습도 등과 같은 외부 환경에 대하여 상대적으로 강인한 특성을 가지고 있다. 또한, 초전 센서의 센싱 영역을 제한함으로써, 정밀도 조절이 가능할 뿐 아니라, 방의 천정에 설치하기 때문에 방의 구조나 장애물의 유무에 관계없이 손쉽게 설치가 가능하다.

본 논문에서는 초전 센서의 센싱 영역(sensing area)을 일정한 지름을 가지는 원형으로 제한하고, 위치 인식을 하려는 공간을 일정한 영역으로 나누어서 대상물의 대략적인 위치를 파악할 수 있도록 실내 위치 인식 시스템을 구성하였다. 이를 위하여, 본 논문에서는 그림 1과 같이 다수의 초전 센서를 센싱 영역이 중복되도록 천정에 설치

하였다. 그리고 나서, 거주자가 특정 영역에 위치할 때 초전 센서들의 감지 정보를 이용하여 거주자가 어떠한 영역에 속해 있는지를 결정하게 함으로써, 거주자의 위치가 파악될 수 있도록 하였다. 예로, 그림에서 거주자가 B 영역에 있는 경우 센서 a와 b는 on 신호를 출력하고, 센서 c는 off 신호를 출력하므로, 본 시스템은 거주자가 B 영역에 있다고 판단을 한다. 여기에서, 본 시스템에서 거주자의 위치는 on 신호를 출력하는 센서들의 개수와 배치 형태에 따라 결정되도록 하였다. 만약, 영역 A와 같이 하나의 센서(센서 a)만이 on이 되는 경우(센서 b, c는 없다고 가정한다면), 거주자 위치는 해당 센서의 중심 위치(포인트 1)로 결정된다. 그림과 같이 센서 a, b가 존재하고 센서 a만이 on이 되는 경우에는, 영역 A의 도심(포인트 2)이 거주자의 위치로 결정된다. 그리고 영역 B와 같이 두 개의 센서(센서 a와 b)가 동시에 on되는 영역의 경우, 두 개의 센서에 의하여 만들어지는 영역의 도심(포인트 3)에 거주자가 위치해 있다고 결정한다. 마지막으로, 3개 이상의 센서가 on되는 영역의 경우, 3개 이상의 센서의 위치에 의하여 만들어지는 도형의 도심(centroid)이 거주자의 위치로 결정한다.

그림 2는 거주자에게 위치 기반 지능형 서비스를 제공하기 위하여, 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템을 이용한 지능형 홈의 전체적인 구조를 보여준다. 지능형 홈에는 실내 위치 인식 시스템과 위치 기반 서비스를 위하여 다수의 초전 센서, 룸 터미널(room terminal), 지능형 홈 서버(smart home server)와 제어 대상이 되는 가전기기 등이 홈 네트워크를 통하여 연결되어 있다. 먼저, 본 시스템에서는 방을 하나의 셀로 간주하며, 각 셀에는 요구되는 위치 정밀도를 만족시키기 위하여 설계된 다수의 초전 센서가 설치된다.

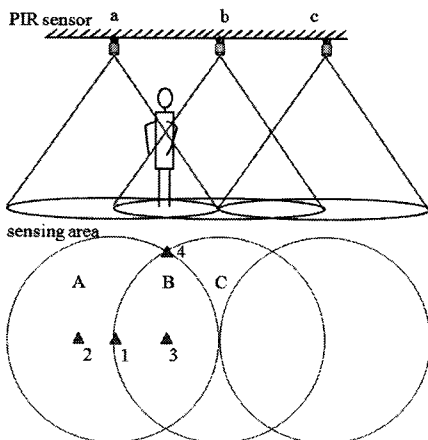


그림 1. 거주자 인식을 위한 초전 센서 배치

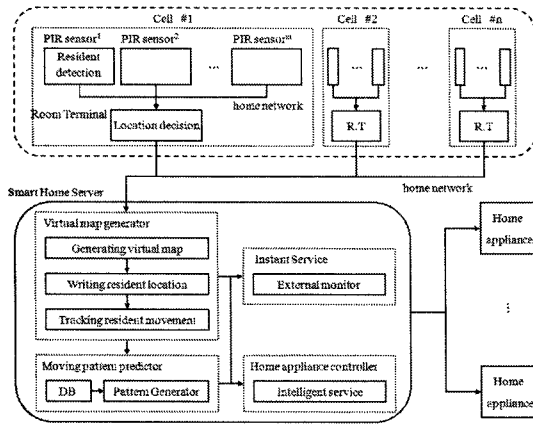


그림 2. 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템(PILAS)을 위한 지능형 홈 프레임워크

그리고 각 초전 센서 모듈은 거주자 감지 알고리즘을 이용하여 센싱 영역 내에 거주자가 위치하는지를 판단하게 되고, 홈 네트워크를 이용하여 각 셀마다 하나씩 배치된 룸 터미널로 거주자 감지 정보를 전송하게 된다. 룸 터미널에서는 각 초전 센서들로부터 수신된 거주자 감지 정보를 융합하여 거주자가 위치해 있는 영역을 결정하고, 그 결과를 지능형 홈 서버로 전송하게 된다.

지능형 홈 서버에서는 거주자의 위치 인식에 따른 지능형 서비스를 제공하는 기능을 수행한다. 먼저, 지능형 홈 서버의 가상 맵 생성기(virtual map generator)는 주거 환경의 설계를 바탕으로 가상 맵을 만들고(generating virtual map), 가상 맵에 룸 터미널에서 결정된 거주자의 위치 정보를 기록한다(writing resident location). 그리고 나서, 수신되는 일련의 거주자 위치 정보를 이용하여 거주자의 이동 궤적을 계산한다(tracking resident movement). 다음으로, 가상 맵 생성기에서 거주자의 위치가 결정되고 나면, 홈 가전 기기 제어기(home appliance controller)는 거주자에게 지능형 서비스를 제공하기 위하여 해당되는 가전 기기를 제어하는 명령을 홈 네트워크를 통하여

전송하게 된다. 특히, 본 시스템에서는 일정 기간 동안 거주자의 이동 궤적을 데이터베이스에 저장한 후 이동 패턴 예측기(moving pattern predictor)를 이용하여 거주자의 이동 패턴을 예측함으로써, 거주자의 행동에 능동적으로 대처할 수 있는 지능형 서비스를 수행할 수도 있다. 예를 들어, 거주자가 평소 오전 7시에 기상하여 샤워를 하는 패턴이 생성되면, 그 시간에 맞게 미리 창문을 열어 환기를 시키고, 욕실의 온수를 거주자에게 가장 적당하게 조절하는 것과 같은 인간 중심적인 지능형 서비스(human adaptive intelligent service)를 수행할 수 있을 것이다.

### 3. PILAS의 센서 배치를 위한 성능 지수

#### 3.1 PILAS의 정밀도와 비용

초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템에서의 인식 정밀도는 센서 인식 영역의 기하학적 형상과 그 배치에 따라 달라진다. 또한, 초기 시스템 구축 비용이 동일하다는 전제 하에서 추가적인 비용은 시스템에 사용된 센서의 개수에 따라 달라질 수 있다.

그림 3(a)는 센서의 센싱 범위(sensing range)가 좁고 센싱 영역(sensing area)이 겹치지 않는 경우, 적은 비용과 단순한 거주자 인식 알고리즘으로 거주자를 인식할 수 있다. 그러나 거주자 인식 분할 영역(divided area)이 적기 때문에 거주자의 인식 위치 오차가 커져 신뢰성 있는 위치 인식이 어렵다. 센서의 센싱 범위가 좁고 센싱 영역이 겹쳐지는 그림 3(b)는 센서 수의 증가로 인하여 시스템 구축비용 증가와 거주자 인식을 위한 복잡한 알고리즘 연산이 필요하다. 그럼에도, 중첩된 센서 배치로 인하여 인식 분할 영역이 늘어나 거주자 위치 인식의 오차는 줄일 수 있다. 그림 3(c)

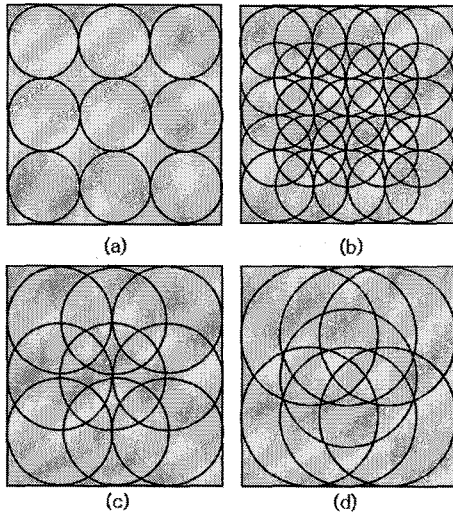


그림 3. 센서 배치의 예시

와 3(d)는 센서의 센싱 범위가 넓고 센싱 영역이 겹쳐지는 경우로 그림 3(b)와 비교했을 때, 시스템 구축비용은 감소하지만, 센싱 범위가 커서 거주자의 위치에 따라 오차 범위 또한 커져 정밀한 위치 인식이 어렵다.

결과적으로 위치 인식 시스템에 배치되는 센서의 개수(number), 구분 가능한 인식 영역의 크기(area), 위치 인식 시스템의 정밀도(precision)와 그에 따른 비용(cost)의 관계는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{\text{Number}}{\text{Area}} \propto (\text{Cost}, \text{Precision}) \quad (1)$$

식 (1)에서 보는 바와 같이 센서의 위치 인식 정밀도와 비용은 센서의 개수에 비례하며, 구분 가능한 인식 영역의 크기에 반비례한다.

그러므로 고정밀, 저비용의 위치 인식 시스템을 구현하기 위해서는 제한된 숫자의 센서를 적절히 배치하여 구분되는 분할 영역의 개수를 최대화하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 제한된 숫자의 센서 배치를 최적화하기 위한 평가 지수로 몇 가지 성능 지수를 제안한다.

### 3.2 센서 배치 평가를 위한 성능 지수

본 논문에서는 PILAS의 성능을 평가하기 위해 5가지 성능 지수를 제안한다. 우선 시스템의 정밀도를 평가하기 위한 척도로써 구분되는 인식 영역의 개수, 최대 오차 거리, 평균 오차 거리를 정의하고 시스템의 비용을 평가하기 위해 단위 면적당 센서의 개수를 정의한다. 또한, 센서의 배치는 주어진 위치 인식 공간을 모두 포함할 수 있도록 배치되어야 하며, 이에 대한 평가 척도로써 인식 가능 영역의 크기 비율을 정의한다.

센서의 배치에 따라 분할되어 구분되는 인식 가능한 영역의 개수는 시스템의 정밀도를 평가하는 중요한 기준이 된다. 그림 4는 서로 다른 센싱 범위를 가진 9개의 센서를 같은 크기의 공간에 배치한 예이다. 중첩 영역을 가지지 않은 Case I의 경우, 단일 센서가 가지는 센싱 범위들로 구분 가능한 9개의 인식 가능 영역을 가진다. 반면에 Case II에서는 9개의 센서가 센싱 범위가 서로 중첩적으로 배치되어, Case I 보다 약 4.5배 많은 인식 영역을 분할하여 구분 가능한 인식 영역의 수는 40개이다.

최대 오차 거리는 시스템에서 인식하는 거주자의 위치와 발생할 수 있는 실제 거주자 위치와의 최대 거리 오차를 수학적으로 계산한 것이다. 구분 가능한 최소 영역에 접근한 거주자에 대하여

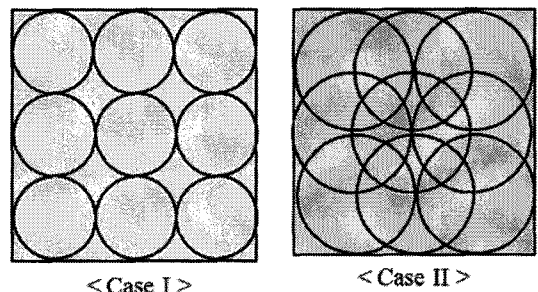


그림 4. 9개의 센서 배치 방법

시스템 영역 내부에서는 거주자의 위치를 구분할 수 없다. 따라서 시스템은 구분 가능한  $i$  영역 내부에 접근한 거주자를  $i$  영역의 중심( $O_i$ ) 위치에 있다고 판단하는 것이 실제 거주자의 위치와 시스템에서 판단한 추정 위치 오차가 최소가 된다.

구분 가능한 각각의 인식 영역에 대하여 시스템이 인식하는 거주자의 위치는 각 영역의 중심( $O_i$ )이며, 최대 오차는 영역을 둘러싸고 있는 원호( $contour_i$ )와 영역의 중심( $O_i$ )간의 거리를 식 (2)로 정의할 때, 식 (3)으로 정의할 수 있다.

$$error_i = distance(O_i, Contour_i) \tag{2}$$

$$error_{max} = MAX(error_i) \tag{3}$$

평균 오차 거리는 시스템에서 인식하는 거주자의 위치와 실제 거주자의 위치 오차에 대한 평균이다. 구분 가능한 영역  $i$ 에 대한 평균 오차 거리는 식 (4)와 같이 정의한다.

$$error_{mean(i)} = \frac{1}{n} \left( \sum_{k=1}^n error_k \right) \tag{4}$$

평균 오차 거리를 얻기 위해서는 영역  $i$ 를 매우 작은 요소(element)들로 균등하게 분할해야 하는데, 식 (4)에서  $n$ 은 분할된 요소의 개수이다. 분할된 각 영역  $i$ 의 평균 오차거리  $error_{mean(i)}$ 를 이용하면 식 (5)를 이용해 전체 시스템의 평균 오차거리  $error_{mean}$ 을 얻을 수 있다.

$$error_{mean} = \frac{1}{n_{area}} \left( \sum_{i=0}^k error_{mean(i)} \right) \tag{5}$$

식 (1)에서 정의된 바와 같이, 센서의 개수가 많아질수록 시스템의 위치 정밀도는 향상될 수 있으나 시스템 구축비용은 증가한다. 따라서 최소한의 센서로 높은 정밀도를 얻는 것이 중요하다. 본 논문에서는 위치 인식 시스템의 비용에 대한

평가 척도로 식 (6)과 같이 단위 면적당 센서의 개수를 정의한다.

$$S/A \text{ Ratio} = \frac{\text{Number of Sensors}}{\text{System Area}} \tag{6}$$

PILAS에서 초전 센서 배치는 전체 시스템 공간을 최대한 포함할 수 있어야 한다. 이에 대한 평가 척도로 인식 영역 비율  $D/A \text{ Ratio}$ 을 식 (8)과 같이 정의하였고, 전체 공간에 대하여 인식 가능한 센싱 영역의 크기를 비교하여 얻을 수 있다.

$$D/A \text{ Ratio} = \frac{\text{Detectable Area}}{\text{System Area}} \tag{8}$$

### 3.3 성능 지수를 이용한 센서 배치 성능 평가

본 논문에서는 초전 센서 기반 거주자 위치 인식 시스템의 센서 배치 성능 평가를 위하여 시뮬레이터를 개발하였다. 센서 배치 평가는 3가지 패턴에 대하여 평가하고자 한다. Case I은 그림 5에서와 같이, 9개의 초전 센서를 사용하고 21개의 구분 가능한 인식 영역으로 분할된다. 동시에 최대 2개의 센서가 반응할 수 있으며, 인식 영역 패턴은 4종류이다. 인식 영역의 패턴 별 최대 오차

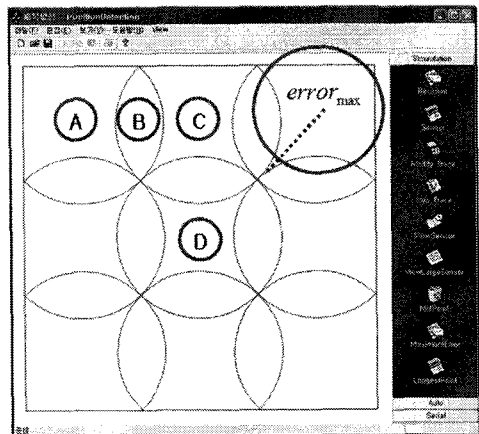


그림 5. 최대오차 거리와 영역형태(Case I)

표 1. 최대 오차와 평균 오차 (case I)

Area Type	$error_{max}(m)$	$error_{mean}(m)$
A	1.03	0.41
B	0.66	0.3
C	1	0.44
D	0.92	0.36

거리와 평균 오차 거리는 표 1과 같으며, 최대 오차 거리는 A 영역에서 1.03m임을 알 수 있다. Case II는 그림에서와 같이, 12개의 초전 센서를 사용하고 57개의 인식 영역으로 분할된다. 최대 4개의 센서가 동시에 거주자를 인식할 수 있으며, 인식 영역 패턴은 6종류이다. 인식 영역의 패턴별 최대 오차 거리와 평균 오차거리는 표 2와 같

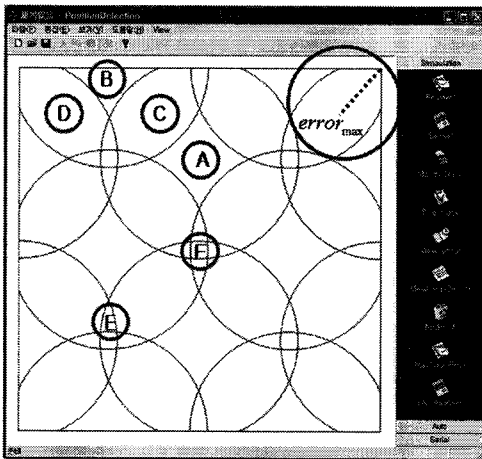


그림 6. 최대오차 거리와 영역형태(Case II)

표 2. 최대 오차와 평균 오차(case II)

Area Type	$error_{max}(m)$	$error_{mean}(m)$
A	0.54	0.21
B	0.54	0.21
C	0.57	0.32
D	0.67	0.33
E	0.25	0.11
F	0.13	0.07

다. 최대 오차 거리는 D 영역에서 0.67m 이다. Case III는 그림 7에서와 같이, 21개의 초전 센서를 사용하고 108개의 인식 영역을 갖는다. 최대 4개의 센서가 동시에 거주자를 인식할 수 있으면, 인식 영역 패턴은 7종류이다. 인식 영역의 패턴별 최대 오차 거리와 평균 오차거리는 표 3에 나타나며, 최대 오차 거리는 C 영역에서 0.61m 이다.

그림 8에서는 3가지 패턴의 배치에 대해 가장 높은 성능 지수 값을 나타내는 배치를 기준으로 백분율 비교를 수행하였다. Case III의 경우 시스템 정밀도에 대한 평가 척도인 최대 오차 거리와 평균 오차 거리 이 가장 작은 배치로 나왔으며, 이에 비해 Case I와 Case II는 각각 최대 오차 거

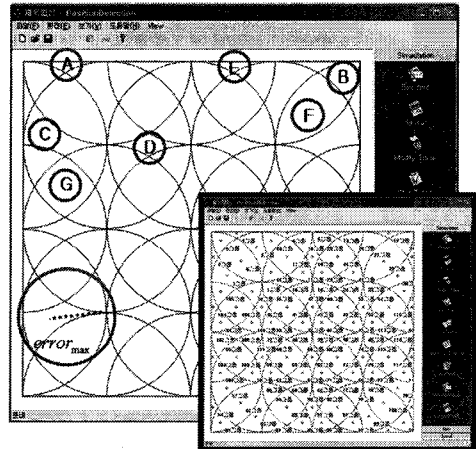


그림 7. 최대오차 거리와 영역형태(Case III)

표 3. 최대 오차와 평균 오차(case III)

Area Type	$error_{max}(m)$	$error_{mean}(m)$
A	0.5	0.14
B	0.3	0.14
C	0.61	0.21
D	0.49	0.14
E	0.5	0.14
F	0.57	0.27
G	0.36	0.23

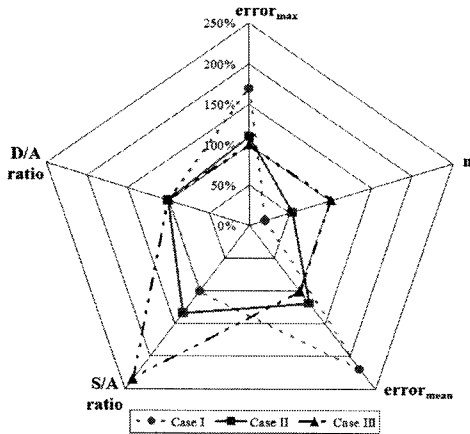


그림 8. 센서 배치 평가

리에서 Case III에 비해 69%, 10% 정도 크게 나왔고, 평균 오차 거리에서도 Case III에 비하여 Case I은 2배 정도, Case II의 경우는 19% 정도 크게 나왔다. 반면에, 시스템의 비용을 평가하는 단위 면적당 센서 개수는 Case I가 가장 낮았으며, Case II, III는 34%, 134% 높게 나타났다.

본 논문에서 평가한 3가지 유형의 센서 배치 시뮬레이션 결과는 Case II가 각각의 성능 지수 값이 기준 값에 고르게 근접함을 알 수 있었다.

#### 4. PILAS의 성능 평가

본 절에서는 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템의 실험 모델을 제작하여 성능 평가를 수행하고, 지능형 홈에서의 적용 가능성을 살펴보았다. 특히, 지능형 홈에서 거주자의 위치에 따라 제공할 수 있는 서비스의 경우 고정밀도를 필요로 하지 않기 때문에, 본 논문에서는 최대 50cm의 위치 오차를 만족하도록 시스템을 설계하였다.

그림 9는 실험 모델을 나타내고 있다. 실험 모델은 지능형 홈에서 하나의 방으로 간주될 수 있는 4 m×4 m×2.5 m (가로×세로×높이) 크기로 구성되어 있다. 실험 모델의 천장에는 초전 센서가

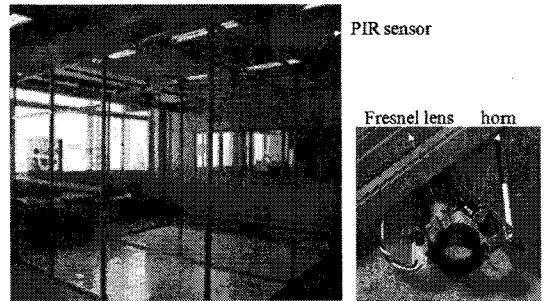


그림 9. PILAS의 실험 모델

12개 설치되어 있다. 실험 모델에서 초전 센서 모듈에는 신호 처리 및 센서 On/Off 판단을 위하여 마이크로 컨트롤러로 AT89C51CC001이 사용되었으며, 초전 센서로는 Nippon Ceramic사의 RE431B, Fresnel 렌즈로는 NL-11이 사용되었다. 또한, 초전 센서에 horn을 적용하여 센싱 영역을 2m로 고정하였다. 그림 10에서, 센싱 영역을 가로지르는 경우 RE431B에서는 a와 같은 출력을 보이며, 센싱 영역 내부의 외각을 회전하는 경우 b와 같이 지속적으로 신호가 불규칙적으로 출력됨을 알 수 있다. 마지막으로, 센싱 영역 외부를 회전하는 경우 c와 같이 출력 신호가 없음을 알 수 있다.

마지막으로, 각 초전 센서의 출력 값을 수집하고 그 값들로부터 거주자의 위치를 결정하기 위하여 PC 기반의 위치 결정 알고리즘을 개발하였다.

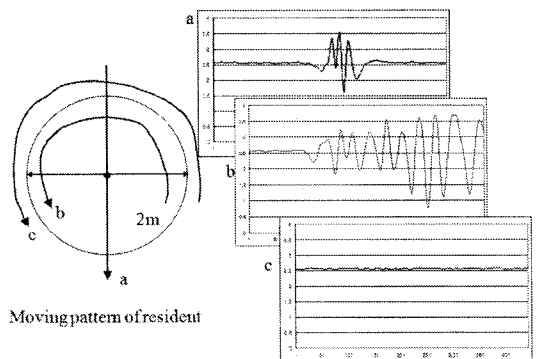


그림 10. Horn을 이용한 정확한 센싱영역 설정



그림에서, 왼쪽 화면은 실제 거주자의 이동을 표시하기 위하여 마우스 입력을 받을 수 있도록 하였고, 오른쪽 화면은 위치 결정 알고리즘에서 각 센서들의 정보를 융합하여 계산된 거주자의 위치와 이동 궤적을 표시하도록 하였다. 또한, PC에 설치되어 있는 위치 결정 프로그램은 각 초전 센서 모듈에서 결정된 거주자 감지 정보를 NI사의 6025E DAQ board를 이용하여 10msec 간격으로 수집하도록 하였다. 여기에서, 초전 센서 모듈은 거주자 감지를 위하여 다양한 외부 환경을 고려하여 임계치를 설정하여야 한다.

임계치 설정을 위해 구성된 실험모델을 이용하여 다양한 환경을 조성하여 다수의 실험을 수행하였다. 먼저, 냉난방기에 의한 주변 온도 변화에 의한 영향이나 외부에서 유입되는 바람의 영향, 태양광에 의한 영향 등 실제 주거 환경에서 일어날 수 있는 환경 변화를 고려하여 거주자 인식 실험을 수행하였다. 이러한 실험 결과, RE431B 센서에서 임계치를  $\pm 0.4V$ 로 설정하는 경우, 외부 환경 변화가 거주자 인식에 큰 영향을 미치지 못함을 확인하였다. 또한, 애완동물이 거주자 인식에 영향을 미치는 지를 실험하였으나, 역시 큰 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

마지막으로, 본 논문에서는 신장이 160cm ~ 180cm 범위에 속하는 실험대상자가 이동속도 1.5km/h ~ 2.5km/h로 이동할 때를 고려한 3가지 형태의 거주자 이동에 대하여 실험을 수행하였다.

그림 11은 거주자가 T자 형태로 이동하는 경우를 나타내고 있다. 오른쪽에 나타난 인식 결과는 왼쪽에 표시된 거주자가 이동하는 경로와 거의 유사하게 나타남을 알 수 있다. 이 결과는 외곽 센서의 중점 보상을 하지 않더라도 최대 위치 오차가 약 30cm 정도로 측정되었다.

그림 12는 거주자가 H자 형태로 이동하는 경우

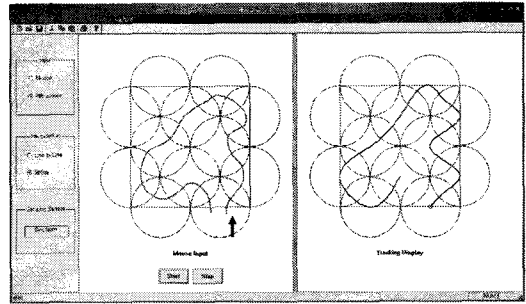


그림 11. T자 형태로 이동 시 거주자의 위치

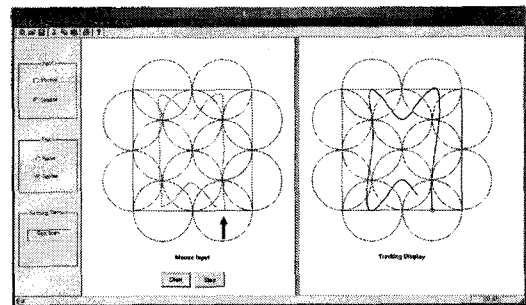


그림 12. H자 형태로 이동 시 거주자의 위치

를 나타내고 있다. 이 경우에도 그림 11과 같이 인식 결과가 거주자의 이동 경로와 거의 유사하게 나타남을 알 수 있다. 특히, 이 실험에서는 3개 혹은 4개의 센서가 동시에 거주자를 인식하여 On신호를 발생시켜도 정상적으로 센싱 영역의 중점을 연결하여 위치를 인식함을 확인할 수 있었다.

## 5. 요약 및 결론

본 논문에서는 지능형 홈에서 지능형 서비스를 제공하기 위하여 거주자의 위치를 파악하기 위한 방법으로, 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템 PILAS를 제안하였다. 이를 위하여, 본 논문에서는 위치 인식 시스템을 이용한 지능형 홈의 프레임워크를 제시하고, PILAS의 센서 배치 성능 지수를 제안하였다. 또한, 초전 센서를 위한 거주

자 감지 알고리즘을 제안하였다. 마지막으로, 본 논문에서는 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템 실험 모델에서의 적용을 통하여 제안된 시스템의 성능을 평가하였다.

이상과 같은 실험결과로부터, 본 논문에서 제안된 초전 센서는 적절한 거주자 감지 알고리즘과 거주자 위치 결정 알고리즘을 이용하는 경우, 지능형 홈에서 거주자를 충분히 인식할 수 있음을 알 수 있었다. 또한, 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템은 거주자가 단말기를 소지하지 않은 상태에서도 50cm의 위치 정밀도로 위치 인식이 가능하기 때문에, 가정 내에서 충분히 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 뿐만 아니라, 센서를 효과적으로 배치하여 구분 가능한 센싱 영역의 수를 늘리고 면적을 일정하게 만들거나, 외곽 센서의 중점 교정과 같은 방법을 이용하여 위치 인식의 정밀도를 향상시킬 수가 있음을 확인하였다.

그러나 본 시스템은 정밀한 위치 결정을 위해서 배지안 네트워크와 같은 확률 이론 등을 이용하여 초전 센서의 신호 처리 방법을 개선함으로써, 정밀도를 향상시킬 수 있는 연구가 필요하다. 또한, 본 논문에서 제안된 초전 센서 기반 실내 위치 인식 시스템은 하나의 셀에 한 사람이 위치해있는 경우에만 적용이 가능하다. 따라서 향후에는 보다 다양한 서비스를 제공하기 위하여 여러 명이 위치하는 경우 각 거주자의 위치와 이동 경로를 판단할 수 있는 멀티 트래킹(multi tracking) 알고리즘에 대한 연구가 필요하다.

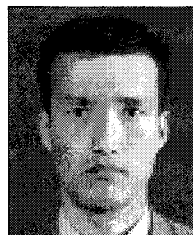
## 참 고 문 헌

- [1] J. Choi, D. Shin, and D. Shin, "Research and implementation of the context-aware middleware for controlling home appliances," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 51, No. 1, pp. 301-306, Feb. 2005.
- [2] 이경창, 김정희, 이흥희, "스마트 홈을 위한 CAN 기반 화재 감지 시스템의 구현," 제어 자동화 시스템공학회 논문지, 10권 8호, pp. 734-741, 2004.
- [3] K.S. Lee, K.C. Lee, S. Lee, K.T. Oh, and S.M. Baek, "Network configuration technique for home appliances based on LnCP," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 49, No. 2, pp. 367-374, May. 2003.
- [4] B. Rose, "Home networks: A standards perspective," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 39, No. 12, pp. 78-85, Dec. 2001.
- [5] 이병복, 김대식, 노광현, 박애순, "LonRF 지능형 디바이스 기반의 유비쿼터스 홈네트워크 테스트베드 개발," 제어·자동화·시스템공학논문지, 10권, 6호, pp. 566-573, 2004.
- [6] M. Hazas, J. Scott, and J. Krumm, "Location-aware computing comes of age," *Computer*, Vol. 37, No. 2, pp. 95-97, Feb. 2004.
- [7] M.D. Rodriguez, J. Favela, E.A. Martinez, and M.A. Munoz, "Location-aware access to hospital information and services," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 8, No. 4, pp. 448-455, Dec. 2004.
- [8] J. Hightower and G. Borriello, "Location Systems for Ubiquitous Computing," *IEEE Computer*, Vol. 34, No.8, pp.57-66, Aug. 2001.



이 석

- 1984년 서울대학교 기계공학과 졸업(학사)
- 1985년 미국 펜실바니아주립대학교 기계공학과(석사)
- 1990년 미국 펜실바니아주립대학교 기계공학과(박사)
- 부산대학교 기계공학부 교수
- 기계공학연구정보센터 소장
- 제어로봇시스템학회(ICROS) 국내 학술대회 이사
- 관심분야 : 산업용 네트워크, 차량용 네트워크, 홈 네트워크, 센서 네트워크



임 정 학

- (주)오토닉스 책임 연구원
- 김해공학 및 제주공학 자동 기상정보 전송장치 개발
- 삼성전관 종합 방재시스템 개발
- Touch screen 방식 리무진버스 티켓 자동 발매기 개발
- Stepping Motor Drivier(MD2U Series) 개발
- DeviceNet 기반 Digital Remote I/O 개발
- 관심분야 : 센서 네트워크, 산업용 센서, 산업용 네트워크 등



김 현 희

- 2000 동명정보대학교 로봇시스템공학과 졸업(학사)
- 2003 부산대학교 지능기계공학과 졸업(석사)
- 2005 부산대학교 지능기계공학과 박사수료
- 관심분야 : 산업용 네트워크, 홈 네트워크, Humatronics



김 성 훈

- (주)오토닉스 주임 연구원
- 2003 경남대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2005 부경대학교 제어계측공학과 졸업(석사)
- Stepping Motor Drivier(MD2U Series) 개발
- 관심분야 : 센서 네트워크, 산업용 센서, 산업용 네트워크