

# 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 적외선 기반 실내 위치 추적 시스템\*

정석민, 우운택  
광주과학기술원 U-VR 연구실  
{sjung, wwoo}@kjist.ac.kr

## Infrared-based Indoor Location Tracking System for Ubiquitous Computing Environment

Seokmin Jung, Woontack Woo  
KJIST U-VR Lab.

### 요약

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 사용자 및 사물을 추적할 수 있는 구조를 가진 적외선 기반의 실내 위치 추적 시스템인 ubiCeiling 을 제안한다. 제안된 시스템은 적외선 발신기, 적외선 수신기, 분배기로 구성된 ubiCeiling 센싱부, 위치 정보 및 부가적인 정보를 서버로 전달하는 ubiCeiling 클라이언트, 다수의 클라이언트에서 입력되는 정보를 저장·처리하는 ubiCeiling 서버 등의 세가지의 기본 구성요소를 가진다. 본 논문에서는 제안한 ubiCeiling 의 기본 구조를 설명하고, 정당성을 뒷받침 하기 위한 ubiCeiling 센싱부의 구현 및 측정 실험, 그리고 센싱영역의 정량적인 분석을 다루었다. 차후에는 제안한 구조를 바탕으로 다양한 응용 서비스와 연동 시킬 것이다.

Keyword : 유비쿼터스 컴퓨팅, ubiCeiling, 위치 추적, 적외선

### 1. 서론

다가오는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 도래시키기 위해서는 뛰어넘어야 할 과제가 많지만 그 중 사용자나 환경의 변화를 인식하고, 이에 합당한 반응을 하기 위한 센싱 기술의 발전은 필수 불가결하다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 필요한 센싱 기술들 중 대상물의 위치 정보를 얻어내는 기술은 서비스를 제공하기 위한 가장 기초적이면서도 중요한 기술의 하나이며 세계 도처에서 대상물 위치 정보를 획득하기 위한 노력들이 이루어지고 있다.

GPS(Global Positioning System) [1]는 서로 다른

궤도를 가지고 지구 대기권을 회전하고 있는 27개의 GPS 위성으로부터 대상물의 위치 정보를 획득하는 시스템으로 최소 4 개의 위성으로부터 받아들인 신호로 위치 정보를 획득하지만 실외에서만 동작하는 시스템이다. Cricket[2][3]은 미국의 MIT Media 연구실에서 개발한 실내 위치 추적 시스템으로 RF 와 Ultrasonic 을 이용해 근접법 (Proximity method)과 삼각측량법(Triangulation method) [4]으로 대상물에 부착된 Listener 의 위치를 파악한다. 그러나, 방향성을 가지는 발신기(Beacon)를 부분적으로 천장에 배치해 위치를 파악하므로 한정된 영역에서만 위치 파악이 가능하다. 또한, 벽을 투과할 수 있는 RF 를 이용하여 발신기의 ID 를 전달하므로 휴대용 단말에서 위치 파악 및 에러 정정을 위한 무거운 프로그래밍이 추가되어야 한다. Active BAT[5] 은 AT&T 에서 개발한 실내 위

\* 본 연구는 광주과학기술원 실감방송 연구센터를 통한 정보통신부 ITRC 사업의 지원에 의해 수행됨.

치 추적 시스템으로 Cricket 과 마찬가지로 RF 와 Ultrasonic 을 이용하지만 수신기가 천장에 설치되어 중앙 집중식으로 대상물의 위치를 추적한다. 그러나 사용자의 위치를 타인에게 노출시켜야만 하는 단점이 있다. Microsoft 의 EasyLiving[6]은 3 차원 카메라를 이용하여 대상물을 추적하지만, 고가의 장비를 사용하며 다수 사용자를 동시에 추적하기 어려운 문제점이 있다.

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 적외선 기반 실내 위치 추적 시스템인 ubiCeiling 을 제안한다. ubiCeiling 은 일정한 영역에서 대상물의 존재 유무를 알아내는 근접법을 사용하여 대상물의 위치를 추적한다. ubiCeiling 은 실내 전 영역에 걸쳐 대상물들의 위치 추적이 가능하며, 위치 정보를 사용자에게 우선적으로 제공하여 개인 정보 유출 위험을 완화 시킨다. 제안한 ubiCeiling 은 초별 위치 정보를 획득하는 센싱부, 실제 위치 정보를 생성하는 ubiCeiling 클라이언트, 그리고 전송 받은 정보들을 저장하고 응용 서비스의 요청에 따라 정보를 제공하는 ubiCeiling 서버로 구성된다. 본 논문에서는 사용자나 오브젝트와 같은 대상물의 위치 정보를 획득하고, 이를 응용 서비스에 제공할 수 있는 기반 구조를 제안하고, 초별 위치 정보 획득을 위한 ubiCeiling 센싱부의 구현, 그리고 센싱영역 측정 및 정량적 분석에 대해 설명한다. ubiCeiling 은 박물관, 극장, 쇼펍, 박람회, 전시회장 등에서 다양한 응용 서비스로 이용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 제안한 ubiCeiling 의 구조를 설명하고, 3 장에서는 센싱부의 구현 및 센싱영역 측정 실험에 대해 설명한다. 마지막 4 장에서는 결론 및 추후 과제에 대해 설명한다.

## 2. 적외선 기반 실내 위치 추적 시스템

본 논문에서 제안하는 ubiCeiling 은 적외선에 기반하여 근접방식에 의해 실내 대상물의 위치 정보를 획득하여 응용 서비스에 이를 제공하는 시스템이다.

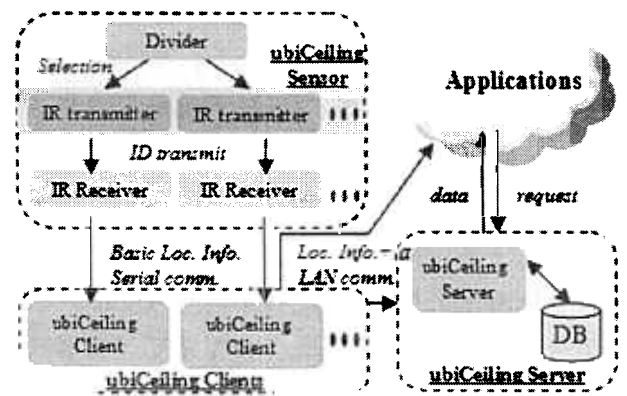


그림 1. ubiCeiling 의 구조

그림 1은 ubiCeiling 의 전체적인 구조를 보여준다. ubiCeiling 은 근접법을 사용하여 대상물의 위치를 획득하기 때문에 최소 하나의 적외선 발신기의 센싱영역으로도 대상물의 위치 파악이 가능하다. 그러나 세분화된 대상물 초별 위치 정보의 획득을 위해 중첩된 센싱영역을 사용한다. 따라서 적외선 발신기는 분배기에 의해 시분할 방식으로 각각의 ID 를 번조하여 내보내고, 오브젝트에 장착된 적외선 수신기는 이를 복조하여 초별 위치 정보로 변환한다. 이 초별 위치 정보는 각 ubiCeiling 클라이언트에서 추가적인 대상물 이름과 같은 정보와 합쳐져 ubiCeiling 서버로 전달된다. 단, 사용자의 ubiCeiling 클라이언트는 사용자의 의도를 고려해 무조건적인 정보 전달에 의해야기될 수 있는 문제를 완화한다. ubiCeiling 서버는 정보를 데이터베이스에 저장하고, 응용 서비스의 요청이 있을때 마다 등록된 알고리즘을 통해 정보를 제공한다.

### 2-1 적외선의 이용

기존의 Cricket 이나 Active Bat 와 같이 RF 와 Ultrasonic 을 이용 하는 시스템들은 실내 환경에서 점차 그 사용이 늘어나는 무선 기기들로부터 파생되는 전자파 노이즈와 온도도와 습도 등에 대한 고려가 필요하다. 그러나 가시광선 보다 긴 0.75us - 1 mm 사이의 파장 범위를 가지는 적외선은 빛의 성질을 가지고 있기 때문에 RF 와 달리 전자파 노이즈에 강건하다. 그리고, Ultrasonic 과 같은 LOS(Line-of-sight)의 특성을 지니지만 데이터를 직

접 전달할 수 있다는 장점이 있다. 뿐만 아니라 한정적인 센싱 영역의 보장 및 벽을 투과하지 못하는 성질로 인해 균일한 영역을 이용한 근접법으로써 대상물의 위치를 파악할 수 있다. 그림 2 은 적외선이 제한된 센싱영역을 가지는 특징을 이용한 대상물 위치 획득을 나타낸다. 센싱 영역이 중첩될 수록 대상물의 속하는 위치가 명확해짐을 알 수 있다. 그림 2 의 수치는 센싱영역이 중첩됨에 따라 분할되는 영역의 개수를 나타낸다.

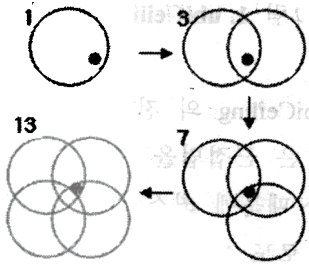


그림 2. 센싱영역의 중첩에 의한 영역 분할

### 2-2 ubiCeiling 센싱부

대상물의 초별 위치 정보를 획득하기 위한 ubiCeiling 의 센싱부는 신호를 발생하는 적외선 발신기, 신호를 수신하는 적외선 수신기, 그리고 발신기의 동기를 맞추는 분배기로 구성된다. 각 센서 마다 균일한 센싱영역을 가지는 특징을 이용하여 적외선 발신기에 고유 신호를 할당하고, 그림 3 와 같이 천장에 격자 형식으로 설치해 실내 공간을 세분화 하였다. 따라서 영역내에 있는 대상물에 적외선 수신기를 장착한 클라이언트를 위치 시킴으로써 위치를 추적할 수 있다.

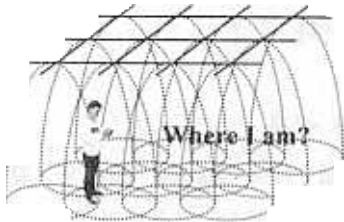


그림 3. ubiCeiling 의 분할된 센싱 영역

그림 4 는 ubiCeiling 센싱부에서 초별 위치 정보를 획득하는 연는 과정을 보여준다. 센싱 영역을 생성하는 적외선 발신기는 천장에 격자 형식으로 배치되고 총 4 개의 그룹으로 나뉘어져 분배기에 의해 시분할적으로 동작한다. 분배기에 의해 선택

된 적외선 발신기는 보다 먼 거리까지 센싱영역을 확보하기 위해, 원 신호를 캐리어 신호(38kHz)를 이용하여 ASK(Analog Shift Keying) 변조한 후 신호를 내보낸다. 적외선 수신기에서는 LPF(Low Pass Filter)를 이용하여 캐리어 신호를 여과하고 디지털화 된 신호를 생성한다. 수신기 내부의 에러 감지 알고리즘은 노이즈 및 수신신호 강도약화에 의해 발생하는 에러를 감지하여 정상적인 신호 수신 및 속도를 보장한다.

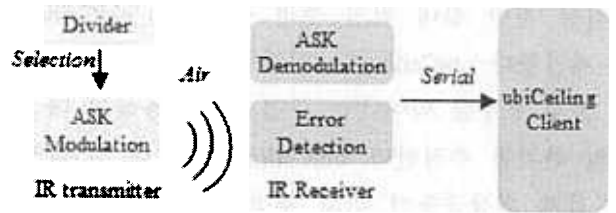


그림 4. ubiCeiling 센싱부의 구성

### 2-3 ubiCeiling 클라이언트

클라이언트는 ubiCeiling 센싱부로 부터 대상물이 속한 영역에 해당하는 초별 위치 정보를 넘겨 받는다. 그리고, 기존에 저장하고 있는 발신기의 물리적인 공간 좌표를 매핑시켜, 실제 대상물의 위치 정보를 파악한다. 그러나 센싱영역의 가장 자리에서의 신호 약화로 인해 위치 정보의 변화가 발생하므로 원활한 대상물의 위치 파악을 위해서는 안정화 알고리즘이 강구되어야 한다. 항시 움직임을 고려해야 하는 사용자측 클라이언트의 경우에는 안정화를 위해 반복성 검사, 벡터를 이용한 각도 측정, 거리차를 측정하는 방법등이 이용된다. 또한 사용자의 의도를 반영할 수 있는 인터페이스를 제공하여 개인 정보의 무분별한 유출을 방지해야한다. 그림 5 에서는 클라이언트에서의 초별 위치 정보의 변환 과정을 보여준다.

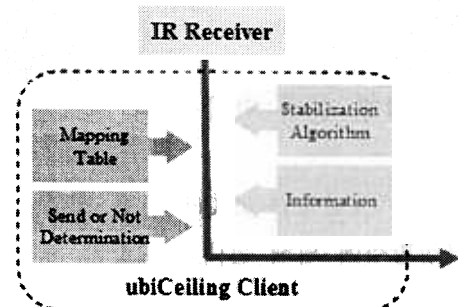


그림 5. ubiCeiling 클라이언트의 구조

## 2-4 ubiCeiling 서버

ubiCeiling 서버에서는 여러 클라이언트들에서 전달된 정보를 현재 시간 정보와 함께 데이터 베이스에 저장한다. 기본적으로 서버는 응용 서비스의 요청에 따라 특정 정보를 획득하고 되돌려 주는 역할을 하며, 필요한 연산은 응용 서비스에서 일어난다. 그러나 응용 서비스가 탑재된 기기의 컴퓨팅 자원이 한정적인 개인 휴대 단말기의 경우에는 서버에 알고리즘을 탑재하고 필요한 연산을 수행할 수 있다. 그림 6 은 서버의 구조를 보여준다.

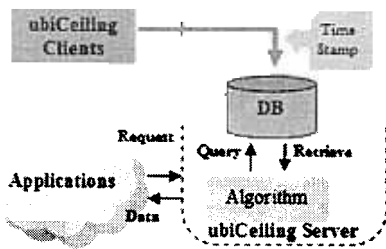


그림 6. ubiCeiling 서버의 구조

## 3. ubiCeiling의 구현 및 실험

### 3-1 ubiCeiling 센싱부의 구현[7]

천장에 설치된 적외선 발신기는 적외선 센서 (CL-1L5R), 89c2051 CPU, 그리고 8 핀 스위치로 구성되며, 그림 7 은 구현된 모습을 보여준다. 발신기는 분배기에 의해 시분할 신호를 발신하며, 위치에 따라 총 4 개의 그룹으로 나뉘어진다. 이 때 하나의 발신기가 내보낼 수 있는 신호는 시분할을 위한 동기화 신호(00h)와 ID 신호 두가지이다. 적외선 수신기는 디지털 레벨의 신호를 생성하는 KSM-603LM 모듈, 89c2051 CPU, 그리고 시리얼 통신을 위한 MAX232 로 구성된다. 그림 8 은 PDA에 장착 가능하도록 구현된 모습이다.

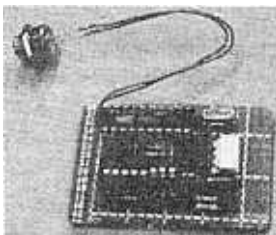


그림 7. 적외선 발신기

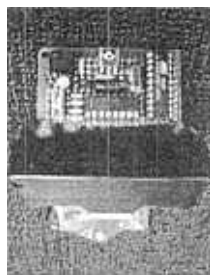


그림 8. 적외선 수신기

서로 다른 센싱 영역의 동시에 발생하면 수신기는 올바른 신호를 받아들일 수 없다. 따라서 분배기를 이용해 발신기를 시분할 방식으로 동기화시켜, 중첩된 영역에서 올바른 신호를 얻을 수 있도록 한다. 그림 9 는 분배기의 각 포트에서 발생하는 신호로 다른 포트의 펄스와 동기화된 펄스는 시작 신호를 발생 시키고, 그 외의 동기화 되지 않은 펄스는 각각 정의된 데이터 신호를 발생시킨다.

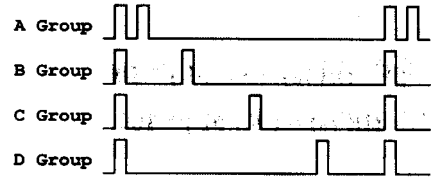


그림 9. 분배기에서 나오는 신호 파형

그림 10 은 정상적인 입력 신호를 보여주며 Trigger 신호 + device 신호 + 8 bits 데이터 신호로 구성되어 있다. 빠른 동작 속도를 얻기 위해 그림 11 의 Trigger 신호 영역의 A 구간과 8bits 데이터 신호 영역의 C 와 같은 구간들에서 에러 감지를 위한 샘플링을 실행해 에러를 찾아낸다. 결과적으로 이와 같은 에러 감지 알고리즘을 통해 올바른 신호를 받아들이는 확률이 증가해 보다 뚜렷한 센싱영역을 획득할 수 있다.

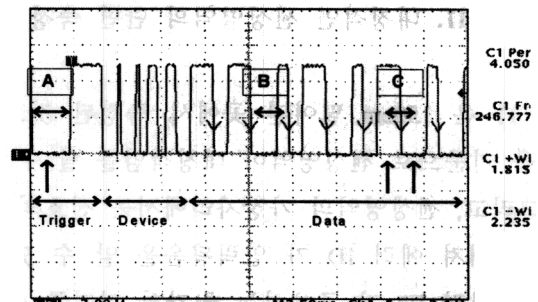


그림 10. 입력된 정상 신호 파형

### 3-2 센싱영역 측정 실험

적외선 발신기에 의해 생성되는 센싱영역은 한 점에서 시작되어 거리에 따라 방사형으로 퍼지는 특성을 가지기 때문에 대상물의 높낮이에 따라 그 위치가 다르게 나타날 수 있다. 본 실험에서는 센싱영역의 대칭성, 수신되는 데이터의 안정도 및 에러가 발생하는 구간 등에 대하여 실험하였고,

이를 기반으로 90%에 근접한 정확도를 보이는 구간을 ubiCeiling의 기준적인 센싱영역으로 도출하였다. 실험 방법은 다음과 같다. 수신기를 센서에 수직으로 향하게 한 후 일정한 거리를 유지한다. 그리고 위에서 좌로 2cm 씩 수신기를 옮기며 매 50 초간 올바른 ID와 의도하지 않은 에러 ID를 측정하여 (1)식을 이용해 백분율로 나타내었다. 여기서 ID는 초별 위치 정보를 가리키며 발신기의 고유값이다.

$$\begin{aligned} \text{올바른 ID}(\%) &= (C/M) * 100 & (1) \\ \text{에러 ID}(\%) &= (E/M) * 100 \end{aligned}$$

위 식에서 C, E, M은 각각 올바른 ID의 개수, 에러 ID의 개수, 받아들일 수 있는 최대 ID의 개수를 나타내며 165번으로 측정되었다.

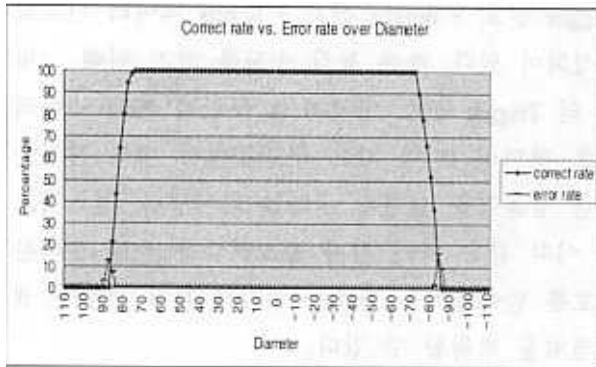


그림 11. 대칭적인 센싱영역의 단면 측정

그림 11은 150cm 떨어진 곳에서 측정된 것으로 중점을 기준으로 센싱영역이 대칭적임을 알 수 있다. 그리고, 센싱영역의 가장자리에서는 신호의 강도가 약해져 에러 ID가 입력됨을 알 수 있다. 따라서 에러 ID가 존재하는 구간의 거리를 측정하기 위해 매 10초 간격으로 300초 동안 ID를 입력받았다. 그림 12는 거리가 88cm 떨어진 지점에서 백분율을 측정한 것으로 거의 에러 ID만 존재함을 알 수 있다.

$$m \equiv \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k \quad (2)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \quad (3)$$

그림 12의 결과를 식 (2)의 표본 평균과 식 (3)의 표준편차를 이용해 구해본 결과 올바른 ID와 에러 ID의 표본 평균은 각각 0.1010과 8.787이고, 표준편차는 0.5532와 4.7975이었다.

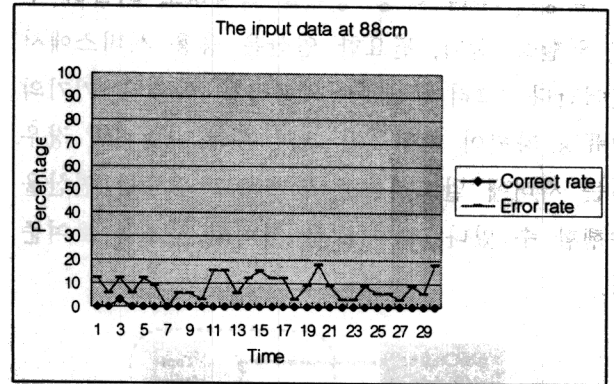


그림 12. 올바른 ID가 없는 지점 (88cm)

에러 ID가 사라지는 지점을 찾기 위해 신호의 강도가 강해지는 센싱영역의 안쪽으로 2cm 움직이며 상기의 실험을 반복한 결과 4cm 이동한 84cm 지점에서의 그림 13와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 상기 (2),(3)식을 이용해 계산한 결과 올바른 ID와 에러 ID의 표본 평균은 각각 45.349와 0.101이고, 표준편차는 7.0493와 0.5532이다. 이 실험으로 적외선 수신기의 에러 감지 알고리즘에 의해 에러 ID를 받아들이는 구간의 경계치가 거의 4cm 정도로 협소함을 알 수 있었다.

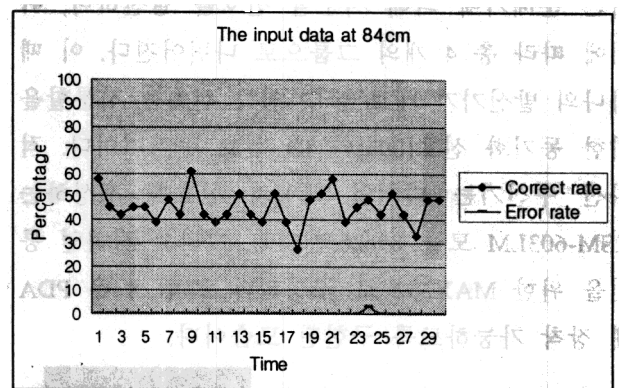


그림 13. 에러 ID가 없는 지점 (84cm)

2차원적인 센서의 영역을 측정하기 위해 그림 11과 같은 결과를 얻는 실험을 45도씩 총 4번에 걸쳐 측정하였다. 그리고, 센서로부터 거리 110cm, 120cm, 150cm, 170cm에서도 센싱영역의 변

화 추이를 관찰하였다. 측정된 데이터를 바탕으로 올바른 ID 를 받을 확률이 90%에 가까운 영역을 취합하여 다음 표 1 과 같이 나타내었다.

각도	110cm		120cm		150cm		170cm	
	거리	확률	거리	확률	거리	확률	거리	확률
90	66	98.17	70	96.34	78	96.95	88	87.80
45	64	92.07	66	89.02	74	88.41	78	88.41
0	66	90.85	68	91.46	76	92.07	80	90.85
-45	66	92.68	68	95.73	78	94.51	82	89.02
-90	72	96.34	76	97.56	80	89.02	88	92.07
-135	68	88.41	68	98.78	76	91.46	80	89.69
-180	62	92.68	66	90.85	72	96.34	76	90.85
135	62	95.73	66	96.34	74	90.24	76	88.41

표 1. 올바른 ID 수신이 90%에 근접한 거리측정

표 1 을 바탕으로 2 차원적인 영역을 나타낸 결과 그림 14 과 같이 원에 가까운 센싱영역을 형성한다는 것을 알 수 있었다. 또한 센서의 물리적인 특성상 적외선 다이오드의 애노드(Anode)와 캐소드(cathode)의 방향을 나타내는 표 1 의 90 도, -90 도 지점에서는 센싱영역의 반지름의 길이가 다른 곳보다 길어짐을 관찰할 수 있었다.

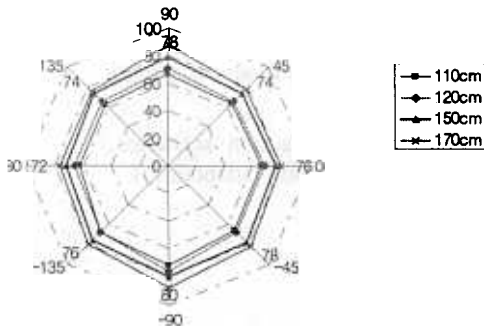


그림 14. 90%에 근접한 거리에 따른 영역

## 5. 결론 및 추후과제

본 논문에서는 유비쿼터스 환경을 위한 적외선 기반 실내 위치 추적 시스템의 기반 구조를 제안하였다. 그리고, 예러가 발생하는 범위 및 센싱영역에 대한 정량적인 실험을 하였다. 차후에는 제안한 구조를 기반으로 시스템을 구성하여 다중 사

용자 추적 및 오브젝트 위치 파악 등의 실질적인 구현을 할 것이다. 또한 응용 서비스와의 결합을 통해 제안된 시스템의 유용성 평가를 시행할 것이다.

## 참고문헌

- [1] Iowa State University GPS page. Web site at <http://www.cnde.iastate.edu/gps.html>.
- [2] N.B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The cricket location-support system," in *ACM MOBICOM*, August 2000, boston, MA.
- [3] N. B. Priyantha, A. Miu, H. Balakrishnan, S.Teller. .*The Cricket Compass for Context-Aware Mobile Applications..* Mobile Computing and Networking, pp. 32 - 43, 2001.
- [4] J. Hightower and G. Borriello. *Location systems for ubiquitous computing*. IEEE Computer,34(8):57--66, Aug 2001.
- [5] R.Want et al., "The Active Badge Location System" ACM Trans. Information Systems, Jan. 1992, pp. 91 - 102.
- [6] J.Krumm et al., "Multi-Camera Multi-Person tracking for Easy Living," Proc. 3<sup>rd</sup> IEEE Int'l Workshop Visual Surveillance, IEEE Press, Piscataway,N.J., 2000,pp.3-10
- [7] 정석민, 장세이, 우운택, "적외선을 이용한 실내 사용자 중심의 위치 추적 시스템", KSPC03, vol.16, no.1, pp. 197