

제106회 석사학위논문

지도교수 권 영 빈

433 MHz 대역의
능동형 RFID 태그를
이용한 위치 검출

A Location Detection
Using 433 MHz
Active RFID Tags

중앙대학교 대학원
컴퓨터공학과 컴퓨터비전 전공
박 희 종

2006년 12월

433 MHz 대역의
능동형 RFID 태그를
이용한 위치 검출

A Location Detection
Using 433 MHz
Active RFID Tags

이 논문을 석사학위논문으로 제출함

2006년 12월

중앙대학교 대학원
컴퓨터공학과 컴퓨터비전 전공
박 희 중

박 회 종 의 석 사 학 위 논 문 을 인 정 함

심 사 위 원 장 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

중 앙 대 학 교 대 학 원

2006년 12월

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 관련 연구	4
2.1 Radio Frequency IDentification (RFID)	4
2.1.1 RFID의 정의	4
2.1.2 RFID 시스템의 동작 과정	4
2.1.3 RFID 태그의 분류	5
2.1.4 RFID 주파수에 따른 분류	6
2.2 위치 검출 기술	6
2.2.1 삼각 측량법을 이용한 위치 검출 기술	6
2.2.1.1 전파 도달 시간을 이용한 위치 검출 기술	7
2.2.1.2 방위각을 이용한 위치 검출 기술 (AOA)	8
2.2.1.3 신호세기(RSSI)를 이용한 위치 검출 기술 (ROA)	8
제 3 장 기존의 위치 검출 시스템과의 비교	10
3.1 Global Positioning System	11
3.2 Active Badge 시스템	12
3.3 RADAR	14
3.4 Active Bat Location System	16
3.5 The Cricket Location Support System	16
3.6 SpotON	18
3.7 LANDMARC	19

제 4 장 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 이용한 위치	
검출의 설계 및 구현	21
4.1 위치 검출 설계	21
4.1.1 물리적인 시스템	21
4.1.2 미들웨어	21
4.1.3 삼각측량과 오차 계산	23
4.2 위치 검출의 구현	24
4.2.1 태그의 위치 찾기 단계 (삼각 측량법)	25
4.2.2 실제 위치에 대한 오차를 구하는 단계	28
4.3 리더의 재배치와 중간 태그를 이용한 성능 향상	29
제 5 장 실험 결과 및 분석	32
5.1 실험 환경	32
5.2 삼각 측량에 대한 결과	33
5.3 실험 결과	35
5.3.1 일반 삼각 측량을 이용한 실험 결과	35
5.3.2 리더의 재배치와 중간 태그를 이용한 실험 결과	41
5.3.2.1 리더의 재배치를 이용한 실험 결과	41
5.3.2.2 중간 태그를 이용한 실험 결과	43
5.4 실험 결과 분석	44
제 6 장 결론 및 향후 과제	47
참고 문헌	49
국문초록	52
Abstract	53

표 목차

[표 1] 거리에 따른 RSSI	9
[표 2] 기존의 위치 인식 시스템	10
[표 3] 실외, 실내 환경에서 리더의 출력에 따른 태그의 인식 거리	36
[표 4] 실내 환경에서의 오차	37
[표 5] 실내 환경에서 장애물이 있을 때의 오차	38
[표 6] 실외 환경에서의 오차	38
[표 7] 실외 환경에서 장애물이 있을 때의 오차	39
[표 8] 실내 환경에서의 오차(리더 재배치)	42
[표 9] 실외 환경에서의 오차(리더 재배치)	42
[표 10] 장애물이 있는 환경에서 중간 태그를 사용하지 않았을 때	43

그림 목차

[그림 1] RFID 시스템의 동작 과정	5
[그림 2] TOA/TDOA와 ROA의 위치 검출 기술	7
[그림 3] AOA를 이용한 위치 검출 기술	8
[그림 4] The ORL Active Badge	13
[그림 5] RADAR 시스템 배치도	15
[그림 6] The Cricket Location Support System의 배치도	17
[그림 7] SpotON 시스템의 위치 인식 방식	18
[그림 8] LANDMARC 시스템에서 리더, 참고 태그, 목표 태그의 배치	20
[그림 9] 위치 검출을 위한 개념도	22
[그림 10] 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출의 구현	24
[그림 11] 두 원의 교점과 중점	28
[그림 12] 실제 위치와 측정 위치의 오차	29
[그림 13] 중간태그 개념도	30
[그림 14] 장애물에 따른 인식 거리	31
[그림 15] 실외 환경 사진	32
[그림 16] 실내 환경 사진	32
[그림 17] 원에 대한 교점을 구한 결과 화면	34
[그림 18] 제안한 방식으로 계산된 최종 좌표와 실제 위치와의 오차	35
[그림 19] 실외 환경에서 가장 작은 오차를 보였을 때	40
[그림 20] 실내 환경에서 가장 작은 오차를 보였을 때	41
[그림 21] 실내와 실외, 장애물 유무에 따른 오차	44

[그림 22] 리더의 재배치에 따른 오차	45
[그림 23] 중간 태그 유무에 따른 오차	46

1. 서론

오늘날의 사회가 점차 빠르게 유비쿼터스 사회로 변화하고 있다. 여기서의 유비쿼터스란 라틴어로써 어디서나 존재한다는 뜻이며 유비쿼터스 컴퓨팅의 줄임 말이다. 이 말은 장소와 시간에 구애 받지 않고 언제 어디에서나 컴퓨터 앞에 있는 것과 같은 환경을 보장한다는 뜻이다. 이러한 유비쿼터스 환경을 위해서 가장 중요시되는 부분이 바로 사용자의 위치 검출이다. 제품을 사용하는 사용자가 현재 어디에 위치하고 있는지를 검출해야 사용자에게 필요한 서비스를 필요할 때에 필요한 장소에서 제공할 수 있기 때문이다. 그렇기 때문에 사용자의 위치를 검출하는 것이 유비쿼터스 환경으로 가기 위한 핵심 기술이라고 말할 수 있다. 최근 들어 이러한 유비쿼터스 환경에서 사용자의 위치정보를 검출하기 위한 여러 가지 기술들이 개발되고 사용되고 있다[4-9].

사용자의 위치를 검출하기 위해서 사용되는 대표적인 기술로는 GPS 방식이 있다. 이 방식은 미국의 군사 목적으로 사용하기 위한 인공위성을 사용하여 위치파악을 한다. 허가 받은 GPS 수신기만 이용하면 간편하게 사용자의 위치를 수 미터 안에서 검출이 가능하다. 하지만 GPS 수신기를 이용한 위치 검출 방식은 실외에서만 사용이 가능하다. GPS 위성의 전파가 실내에는 들어올 수 없기 때문에 실내에 있는 사용자의 위치를 찾는 데는 사용할 수 없다[3].

따라서 실내에 있는 사용자를 찾기 위해서는 다른 방식의 위치 검출 기술이 사용되어야 한다. 현재 실내에서의 위치 검출을 위한 여러 가지 기술이 개발되어 있다. 실내에 있는 사용자의 위치를 찾기 위해서 사용되는 기술에는 적외선을 사용하는 Active Badge[4], IEEE 802.11을 사용하는 RADAR[5], 초음파를 사용하는 The Cricket Location Support System[6]과 Active Bat

Location System[7] 그리고 RFID(Radio Frequency Identification)를 사용하는 SpotON[9] 기술, 마지막으로 역시 RFID를 사용한 LANDMARC[9] 시스템이 있다. 각각의 기술은 실내에 있는 사용자의 위치를 찾기 위해서 앞에서 열거한 방식을 사용해서 사용자의 위치를 검출하게 되고 사용되는 기술에 따라서 각각의 장점과 단점을 갖게 된다.

이 중에서 RFID를 사용한 위치 검출 방식에 많은 관심과 투자가 선진국에서 이뤄지고 있고 또한 표준화가 활발히 진행 중에 있다. 또한 이 RFID를 사용한 방식 중에서도 실시간 위치추적 기술인 RTLS (Real Time Locating System)이 유비쿼터스 사회에서 부각되고 있다. 이 RTLS란 433 MHz 대역의 태그를 사물 또는 사람에 부착시키고 이 태그의 위치를 실시간으로 추적, 검출할 수 있는 기술이다. 현재 이 RTLS는 미국 ANSI/INCIT 371과 ISO/IEC 24730을 통해서 표준화가 진행 중이다.

본 논문에서 제안하고자 하는 것은 유비쿼터스 사회를 위해 꼭 필요한 기술 중에 하나인 위치검출 기술 중에서 433 MHz 대역의 능동(能動)형 RFID 태그(active RFID tag)와 태그와 리더 사이의 신호세기인 RSSI(received signal strength indicator)[2] 값을 이용해서 위치 검출 방법을 구현하는 것이다. 실제로 삼각측량 기법을 이용해서 위치 검출 기술을 구현해 보고 평가해봄으로써 이 능동형 RFID 태그와 리더와 태그 사이의 신호세기 값을 이용한 위치 검출 기술에 대한 정확도와 정밀도를 구해보고 자료를 토대로 위치 검출 방법에 있어서 본 논문에서 제안한 방식이 타당한지를 판별하는 것을 목적으로 한다. 추가로 리더의 배치가 바뀌었을 때 오차에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하고 리더와 태그 사이에 장애물이 있을 경우 중간 태그를 이용해서 오차를 줄이는 방법을 제안한다.

본 논문에서는 우선 본 논문에서 사용될 RFID 기술에 대해서 알아본다. 그

후에 본 논문과 관련되어 진행된 여러 가지 위치 검출 방법에 관한 연구와 RFID를 이용한 위치 검출 기술을 살펴보고 이를 토대로 구현해 보고 구현된 것을 사용해서 실제로 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그와 신호 세기 값을 사용해서 위치 검출을 수행해 본다. 수행한 실험에 대한 결과 분석을 한 후 본 논문에서 추가로 제안한 리더의 재배치에 따른 결과와 중간 태그를 이용한 방법의 분석을 통해서 결론을 내린 후에 향후 연구 과제를 살펴보도록 하겠다.

2. 관련연구

2.1 Radio Frequency IDentification (RFID)

2.1.1 RFID의 정의

RFID의 정의는 소형 반도체를 이용해서 사물의 정보를 처리하는 기술이다. RFID는 크게 세 부분으로 나뉜다. 먼저 사물의 정보를 보내고 받는 역할을 하는 RFID 리더(reader)가 있다. 그 다음 정보를 담고 있는 RFID 태그(tag) 그리고 리더와 태그 사이의 통신을 이루고 있는 RFID 네트워크(network)로 나뉜다. RFID 리더는 정보를 태그로 전송하는 송신부와 태그로부터 전송된 정보를 받는 수신부로 다시 나뉘게 된다. RFID 태그는 크게 배터리를 사용하지 않고 RFID 리더로부터 전원을 공급받아서 동작하는 수동(受動)형 태그와 태그 내에 자체 배터리를 가지고 동작하는 능동형 태그로 나뉜다. 수동형 태그와 능동형 태그는 각각의 특성이 다르기 때문에 사용되는 곳 또한 다르다. 각 태그는 RFID 시스템의 동작 과정을 살펴본 후 자세히 알아보도록 한다.

2.1.2 RFID 시스템의 동작 과정

RFID 시스템의 동작 과정은 다음 [그림 1]과 같다.



[그림 1] RFID 시스템의 동작 과정

[그림 1]에서와 같이 태그와 리더 사이에 RF 전송이 이루어지게 되고 리더를 통해서 판독된 태그의 정보를 RFID 네트워크를 통해 전송하게 된다.

2.1.3 RFID 태그의 분류

위에서 언급했듯이 RFID 태그는 크게 수동형 RFID 태그와 능동형 RFID 태그로 구분되며 각각의 특성이 다르다. 먼저 수동형 RFID 태그는 리더에서 나오는 전력을 사용해서 태그가 동작하게 된다. 리더로부터의 전력을 사용하기 때문에 따로 배터리를 교환해 줄 필요가 없고 따라서 반영구적으로 사용이 가능하다. 하지만 인식 할 수 있는 거리가 수십 센티미터 내외로 짧고 리더로부터 전원을 공급받기 때문에 리더의 출력이 높아야 한다는 점이 단점이다[1].

능동형 RFID 태그는 태그 자체에 내장된 배터리를 사용해서 동작을 한다. 따라서 태그의 배터리를 주기적으로 갈아주어야 하고 태그의 크기가 크고 태그의 가격이 비싸다는 단점이 있다. 하지만 인식 가능한 거리가 수십 미터 정도로 수동형 태그에 비해 매우 길다는 점이 장점이다. 능동형 RFID 태그가 수동형 RFID 태그에 비해서 긴 인식거리를 갖기 때문에 본 논문에서 제안한

위치 검출에서 유용하게 사용될 수 있다. 인식 가능한 거리가 짧다는 것은 그 만큼의 더 많은 RFID 리더가 곳곳에 설치되어야 한다는 것을 의미한다. 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 사용할 경우에 3장에서 나오는 다른 기술에 비해서 하나의 기기로 넓은 영역에 사용될 수 있으며 적은 수의 기기를 사용해서 시스템의 구현이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 위치검출을 위해서 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 사용하는 것을 제안하고 타 기술에 비해 정확도가 어떠한지를 살펴보도록 하겠다.

2.1.4 RFID 주파수에 따른 분류

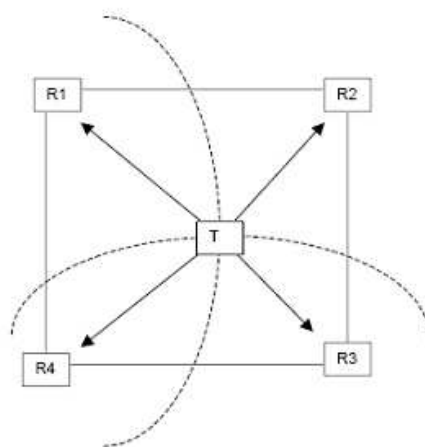
현재 RFID의 에어 인터페이스 통신용 파라미터는 ISO/IEC JTC1 SC31/WG4의 SG4에서 다루고 있다. 이에 따르면 중도에 포기된 5.8GHz 대역을 제외하면 RFID 관련 주파수는 크게 5개의 주파수 대역으로 나눌 수 있다 [10-14]. 135KHz 이하 대역을 사용하는 저주파 대역(low frequency), 13.56MHz 대역을 사용하는 고주파 대역(high frequency), 433MHz 대역을 사용하는 극초단파 대역(UHF), 860MHz 에서 960MHz 대역을 사용하는 극초단파 대역(UHF)과 2.45GHz 대역을 사용하는 마이크로파 대역으로 구분된다. 능동형 태그는 433MHz 대역의 극초단파에서 사용된다. 본 논문에서는 가장 긴 인식거리를 갖는 433MHz 대역 능동형 태그의 사용을 제안한다. 실제로 이 433MHz 대역은 ANSI, ISO/IEC에서도 실시간 위치추적 시스템을 위해서 사용하고 있다.

2.2 위치 검출 기술

2.2.1 삼각 측량법을 이용한 위치 검출 기술

2.2.1.1 전파 도달 시간을 이용한 위치 검출 기술(TOA, TDOA)[2]

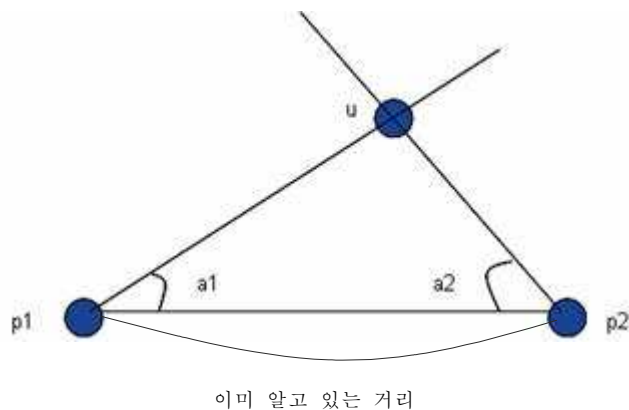
전파 도달 시간을 이용한 위치 검출 기술에는 두 가지가 있다. 하나는 전파가 도착한 시간을 이용하는 방법인 TOA(Time of Arrival) 방법이고 다른 하나는 전파가 도착한 시간의 차이를 이용한 TDOA(Time Difference of Arrival) 방법이다. 두 가지 방법 모두 신호가 가지고 있는 속도를 이용한 방법으로써 신호를 주고받는데 걸린 시간에 신호의 속도를 곱함으로써 송신기와 수신기 간의 거리를 측정할 수 있다. 이때 고정된 두 위치를 알아야 하고 고정된 두 위치로부터 각각의 거리를 반지름으로 하는 원을 그려 두 원이 교차하는 점이 임의의 점의 위치가 된다. 이 전파 도달 시간을 이용한 위치 검출 기술은 송신가가 각 전송에 사용되는 블링크(blink)를 리더가 같은 메시지 패킷을 구분하기 위해 사용되는 식별 번호를 통해서 식별하는 것이 가능하면 사용할 수 있다. 이때 블링크라는 것은 하나 이상의 메시지를 담고 있는 무선 주파수를 이용한 전송을 나타낸다. 하지만 이 전파 도달 시간을 이용한 위치 검출 기술은 각 리더간의 시간에 대한 동기화가 사전에 이루어져야 한다.



[그림 2] TOA/TDOA와 ROA의 위치 검출 기술[2]

2.2.1.2 방위각을 이용한 위치 검출 기술 (AOA)

AOA(Angle of Arrival)라고 하는 이 기술은 방위각을 이용한 위치 검출 기술은 고정된 두 위치로부터 오는 신호에 대한 방위각을 이용해서 임의의 점을 알아낼 수 있는 기술이다.



[그림 3] AOA를 이용한 위치 검출 기술

[그림 3]과 같이 p1과 p2 사이의 길이를 알고 각 점 p1과 p2로부터 u로의 각도 a1과 a2를 알고 있다면 p1, p2로부터 u까지 선을 긋고 두 선이 교차하는 점이 임의의 위치가 된다. 하지만 RFID를 이용한 기술에서는 이 방위각을 이용한 위치 검출 기술은 사용이 불가능하다. 그 이유는 태그나 리더로부터 나오는 무선 주파수의 방향을 알 수 있는 방법이 없기 때문이다. 무선 주파수는 정해진 방향으로 전파가 나가는 것이 아니고 원을 그리며 사방으로 퍼져나가기 때문이다. 따라서 이 방법으로는 위치 검출이 불가능하다고 할 수 있다.

2.2.1.3 신호세기(RSSI)를 이용한 위치 검출 기술 (ROA)

ROA(RSSI of Arrival)라고 하는 이 기술은 송신기와 수신기간의 신호세기가 거리가 멀어짐에 따라서 약해진다는 점을 이용하는 방법이다. 이 기술은 아주 간단하게 구현된다. 방법은 아주 간단하지만 신호세기를 이용한 방법은 위치 검출에 필요한 모든 요소를 가장 진보한 기술을 사용함으로써 복잡하지도 않고 적은 비용으로 구현이 가능하다. 표2와 같이 거리가 변함에 따라서 RSSI는 변하게 된다[2].

[표 1] 거리에 따른 RSSI

RSSI Decibel	거리		
	최저	평균	최대
0	0	1	3
-10	0	3	10
-20	3	10	30
-30	10	32	100
-40	30	100	300
-50	100	316	300

이렇게 신호의 세기가 거리에 따라 변하는 특성을 이용하여 고정된 위치와 임의의 위치와의 거리를 계산하고 이 거리를 반지름으로 하는 원 그려 원이 교차하는 지점을 임의의 위치로 계산하는 방법이다[2].

이 방법의 단점이라면 위의 표에서도 알 수 있듯이 거리에 따른 신호의 세기가 항상 일정하지는 않다는 것이다. 같은 거리에 대해서도 다른 신호의 세기가 나올 수도 있고 다른 거리에 대해서도 같은 신호 세기가 나올 수 있다는 뜻이다. 또한 주변에 있는 방해물에 영향을 받아서 신호의 세기가 바뀔 수도 있다. 따라서 본 논문에서는 방해물이 없이 먼저 위치 검출을 수행해보고 RFID 태그와 RFID 리더 사이에 방해물을 설치하고 이에 대한 실험도 병행함으로써 전체적인 시스템의 적합성을 평가하도록 한다.

3. 기존의 위치 검출 시스템과의 비교

기존에 위치 검출에 사용되었던 기술에는 대표적으로 다음 [표 2]와 같은 기술들이 존재한다[3-9].

[표 2] 기존의 위치 검출 시스템

기존 기술	사용되는 기술	정확도	실내 사용 여부	비고
GPS	GPS 위성파 GPS 수신기 간의 거리 차	1~5미터	불가능	실내에서 사용이 불가능하다
Active Badge	적외선	약 5미터	가능	목시선(Line of sight)이 필요, 신호 전송거리가 짧다
RADAR	IEEE 802.11	약 4미터	가능	무선 NIC 필요
Active Bat Location System	초음파	10센티미터 이하	가능	격자 모양의 센서 설치
The Cricket Location Support System	초음파	약 9센티미터	가능	지능형 송수신기가 필요
SpotON	RFID 기술	신호세기의 정확도에 따라 다르다	가능	900MHz 대역의 주파수 사용
LANDMARC System	RFID 기술	참고 태그의 수에 따라 다르다. 약 1미터	가능	많은 참고 태그가 필요하다.

3.1 Global Positioning System

GPS(Global Positioning System)는 현재 가장 널리 사용되고 있는 위치 검출 시스템 방법 중 하나로 인공위성을 이용한 지구위치 결정체제로 정확한 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측 점까지 소요시간을 관측함으로써 관측 점의 위치를 구하는 체계이다. 즉, 4개 이상의 위성을 이용하면 3차원적인 위치를 측정할 수 있다. 1973년 미국에서 NAVSTAR(NAVigation System with Time & Ranging)라는 이름의 GPS를 개발하였고 현재는 총 24개의 위성이 작동하고 있다. 원래는 군사목적으로 개발을 시작하였지만, GPS신호의 일부를 민간인이 사용할 수 있도록 하는 것을 전제로 미 의회가 승인하여서 일반인들도 GPS 위성의 신호를 사용할 수 있도록 되었다[3].

GPS에 의한 측위는 위성으로부터 발사되는 전파의 지연시간을 측정하고 궤도로부터의 거리에서 현재의 위치를 구하는 방법이다. 하나의 위성으로부터의 거리를 알면 현재의 위치는 위성을 중심으로 하여 반경이 그 위성으로부터의 거리로 되는 구의 표면의 어느 곳으로 된다. 이것에 또 하나의 위성으로부터의 거리를 알면 현재의 위치는 두 구가 서로 겹치는 원주상의 어느 곳으로 된다. 그리고 3번째 위성으로부터의 거리에 의해 그 구와 이 원의 두 교점에서 어느 한 곳으로 된다.

이것을 수식으로 표시하면,

$$Pr=R+C\Delta T$$

(Pr: 의사거리, R: 실제거리, C: 광속도, ΔT : 수신기 시계오차)

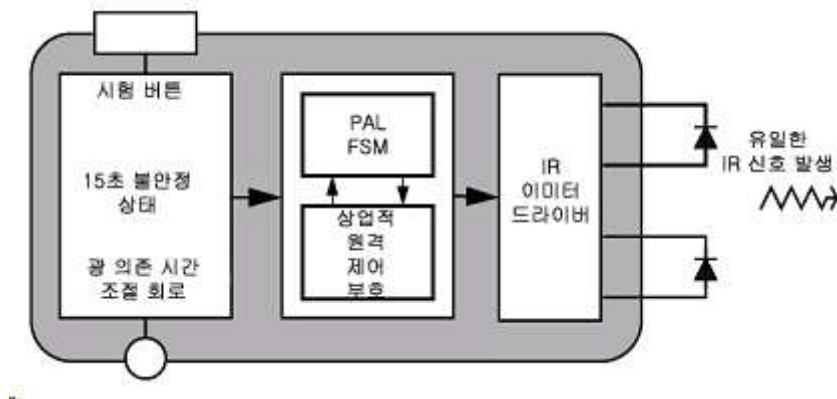
여기서 의사거리(Pseudo range)란, GPS 위성으로부터 발사되는 신호가 유저 수신기에 도달되는 시간에 광속도를 곱하여 위성과 사용자 사이의 거리가 계산되는데, 이 거리에는 주요한 오차인자로 사용자 시계오차에 의한 거리오차가 포함되어 있다. 이렇게 측정된 거리를 의사거리라 부른다. 이렇게 계산된 의사 거리를 GPS 수신기와 GPS 위성 사이의 구를 그린다. 3개의 GPS 위성으로부터의 의사 거리를 이용해서 각각의 구를 그리고 3구의 교점이 GPS 수신기가 위치한 점이 된다[3].

GPS 방식을 사용하는 데에는 여러 가지 측위 오차가 발생하게 된다. 먼저 위성시계의 오차, 위성 궤도에 의한 오차, 대기권의 전파 지연에 따른 오차, 수신기에서 발생하는 오차와 같은 구조적인 요인에 따른 거리 오차가 있고, 위성의 위치에 따른 오차가 존재한다. 마지막으로 SA(Selective Availability)라고 하는 인위적인 오차가 존재한다. 이 SA는 미국 국방성에서 사용 인가를 받지 않은 사용자가 GPS 위성을 사용하려고 할 때 일부러 오차 증가시켜서 불법적인 사용을 막으려고 하는 것이다. 이 SA가 동작하게 되면 오차는 100m 정도가 되게 된다.

이 GPS 방식과 본 논문에서 제안한 능동형 RFID를 이용한 위치검출 방법과 비교를 하면 GPS 방식은 가장 널리 사용되고 비교적 정확한 위치 파악이 가능하다는 장점을 갖지만 실내에서는 위치 파악이 불가능하다는 단점을 갖는다. 이에 비해 본 논문에서 제안한 방식은 실내에서도 위치 파악이 가능하다.

3.2 Active Badge 시스템

이 Active Badge 시스템은 미국 AT&T Lab.에서 개발된 실내 측위 시스템이다[4]. Active Badge 시스템은 크게 Active Badge, 네트워크, 응용 프로그램과 서버의 4개 부분으로 나뉜다. 이 시스템의 동작 방식은 다음과 같다. 먼저 비컨(beacon)의 역할을 하는 Active Badge가 매 15초마다 적외선(Ir, infrared ray)을 전송한다.



[그림 4] The ORL Active Badge[4]

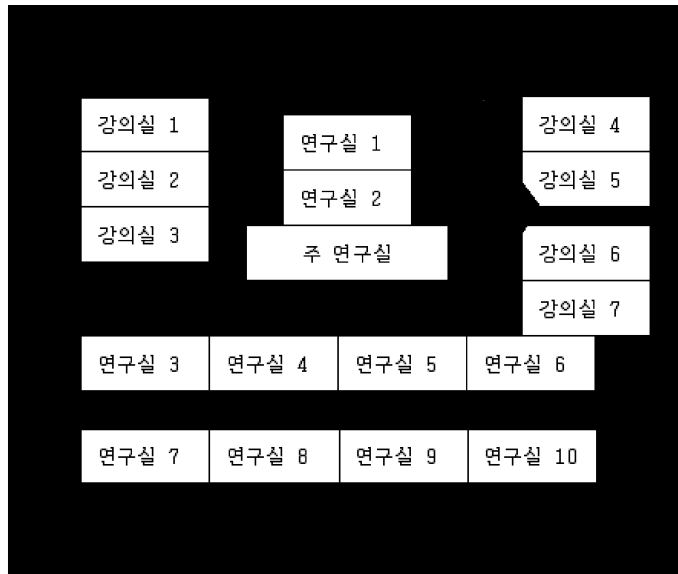
Active Badge 시스템이 설치된 빌딩 주변에서 이러한 주기적인 신호를 센서의 네트워크에서 감지하여 수집을 하게 되고 수집된 정보를 서버에서 분류와 정렬 과정을 거치게 되고 사용자가 볼 수 있는 형태로 변환하여 정보를 처리하게 된다.

Active Badge 시스템에서는 다음과 같은 명령을 지원한다. 해당 이름을 갖는 배지(badge)의 현재 위치를 나타내는 FIND(name), 해당 이름의 현재 위치와 근처에 있는 다른 배지를 함께 알려주는 WITH(name), 해당 위치에 근접해 있는 배지를 알려주는 LOOK(location), 장시간 사용자가 시스템이 파악 가능하지 않은 위치에 있을 경우에 알려주는 NOTIFY(name)과 한 시간마다 사용자에게 대한 정보를 기록하는 HISTORY(name) 명령어가 존재한다. 이

Active Badge 시스템은 실내에서 위치 검출을 한다고 했을 때 실내에 한 개 이상의 센서가 네트워크를 구성하며, 센서는 고정된 위치에 설치되어 고유의 ID를 찾아내면 이를 위치관리 소프트웨어로 전달한다. 액티브 배지는 마이크로프로세서를 탑재하고 있고, 양방향 통신이 가능하지만 적외선 신호는 빛의 간섭에 영향을 받으며 작은 장애물도 투과하지 못하는 단점이 있다.

3.3 RADAR

RADAR은 미국 마이크로소프트 연구소에서 개발된 실내 측위 시스템이다 [5]. 이 방식은 무선 LAN을 사용하는 방식으로 IEEE 802.11 무선 네트워킹 기술을 사용한다. RADAR는 무선 LAN에서 나오는 RF 신호의 세기 또는 RF 신호의 전달 지연을 이용한다. 위치에 따라서 RF 신호의 세기가 다르기 때문에 여러 개의 수신기에서 나오는 RF 신호를 수집하고 분석하여 실내에 있는 사용자의 좌표를 측정하게 된다. 신호전파 모델을 검증하고 실시간으로 사용자 위치를 파악하기 위해서 사용자 위치함수로서 무선신호에 대한 정보를 기록하여 수집한다. 위치가 다른 세 개의 기지국으로부터 얻어진 신호세기 정보는 하나의 테이블로 수집되고 각각에 대한 표준과 편차를 계산한다. 그 밖에 건물의 각 층에 대한 레이아웃 정보도 이용한다.



(검은 원은 신호 세기 정보가 모아지는 곳이고 검은 다이아몬드는 3개의 기지국을 표시한다.)

[그림 5] RADAR 시스템 배치도

이 RADAR 연구 방법론에서 핵심이 되는 단계는 정보를 수집하는 과정이다. 이 방법에서는 무선 신호(radio signal)에 관한 정보를 사용자의 위치로써 저장한다. 이렇게 저장된 무선 신호를 사용해서 신호 전달을 위한 모델을 구성한다. 이러한 무선 신호는 WaveLAN NIC을 통해서 신호의 세기 SS(signal strength)와 신호 대 잡음 비율 SNR(signal-to-noise ratio)이 제공된다. 이렇게 제공되는 SS, SNR과 각 위치에 대한 x, y 좌표와 사용자가 향하고 있는 방향 d(direction)를 사용해서 정보를 처리하게 된다.

먼저 (x, t, d)에 대해서는 평균값을 계산하고 각 기지국(base station)에서 사용자 위치에 대한 신호세기에 대한 중간 값을 계산하게 된다. RADAR에서 기본적인 분석에서는 어떠한 신호를 선택할 것인지에 대한 것으로 경험적인 방법을 통한 선택(empirical), 가장 세기가 강한 신호 선택(strongest), 무작위 신호 선택(random) 방법에서 경험적인 방법을 통한 방법이 가장 우수한 성능

을 나타내었다. 또한 이웃한 노드의 수가 적을수록, 정보 집합의 크기가 작을수록 성능이 뛰어났다.

RADAR 방식은 기존에 사용하던 IEEE 802.11 인프라를 사용하고 필요한 기지국 수가 적다는 장점을 갖지만, 전력의 소모가 크고 위치검출 대상 물체가 광대역 랜(WLAN)을 지원해야 하는 단점이 있다. 따라서 크기가 작거나 전력이 제한된 장치에 RADAR를 적용하기는 어렵다.

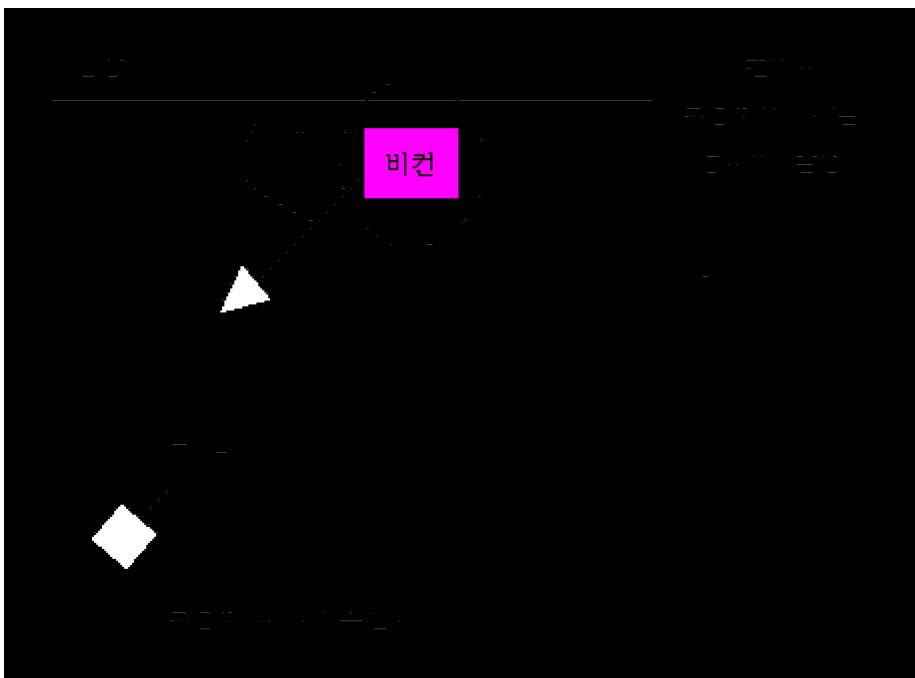
3.4 Active Bat Location System

Active Bat Location System은 위에서 언급한 Active Badge 시스템과 구조적인 면에서 유사하다. 하지만 Active Bat Location System은 적외선을 사용하는 대신에 동기화된 초음파를 사용해서 실내 위치 검출을 하게 된다[7]. 이 방식은 Bat라 불리는 초음파 송신기를 위치 검출을 하고자 하는 사람이나 사물에 부착을 하고 천장에 초음파 수신기를 설치한다. Bat는 무선 송수신기, 제어 논리 회로와 초음파 변환기로 구성된다. 동작 방식은 먼저 서버에서 이미 알고 있는 장소인 천장에 부착되어 있는 수신기를 초기화한 뒤 찾고자 하는 송신기 호출한다. 호출을 받은 송신기는 초음파를 발생하게 되고 발생된 초음파를 천장에 붙어있는 수신기들이 받게 되고 초기화 이후 호출을 한 뒤부터 수신을 할 때까지 걸린 시간을 계산하여 송신기와 수신기 사이의 거리를 계산하게 된다. 이 계산된 거리를 사용하여 삼각측량을 실시하여 Bat를 가지고 있는 사람 또는 사물의 위치를 검출하는 방식이다.

3.5 The Cricket Location Support System

The Cricket Location Support System은 미국 MIT (Massachusetts

Institute of Technology)에서 개발한 시스템으로 초음파와 RF 두 가지 모두를 사용하여 실내에서 위치를 검출한다[6]. 이 Cricket 방식이 앞의 방식들과 차별화 되는 점은 사용자의 사생활 보호, 비집중화 관리, 네트워크의 다양성 등이 있다. 이 방식은 Active Badge 방식 또는 Active Bat 방식과 비교되지만 앞의 두 방식이 모든 정보가 중앙의 서버로 전송되어 서버에서 처리되는 중앙 집중 식의 구조에 의존하고 있다면 이 Cricket 방식은 각각의 비컨(beacon)이러한 역할을 분담하여 처리하는 방식이다. 미리 알고 있는 위치인 천장에 거리 측정에 사용될 신호를 송신할 비컨을 설치하고 위치를 검출할 대상에 수신기를 부착하게 된다.



[그림 6] The Cricket Location Support System의 배치도

이 Cricket 방식이 사용하는 방식은 RF가 빛의 속도로 전달이 되고 소리의 속도는 이보다 훨씬 느린 상온에서 1.13ft/ms 속도로 전달된다는 점을 이용한

다. 각 전송 때마다 Cricket 방식은 비컨이 동시에 RF와 초음파를 이용해서 전송을 하게 된다. 먼저 RF 신호가 도착을 하게 되면 시스템은 초음파를 받을 준비를 하게 된다. 비컨에서 동시에 전송된 정보는 시간차를 두고 도착을 하게 된다. 따라서 두 신호가 도달할 때 걸리는 시간의 차이를 계산하여 천장에 설치된 비컨과 수신기의 거리를 측정하는 방식이다. 앞서서도 언급했듯이 Cricket 방식은 중앙 집중 식 방식이 아니고 비컨에서 위치를 계산하기 때문에 중앙 집중 식 방식에서 야기될 수 있는 사생활 침해 문제에서 벗어날 수 있다.

3.6 SpotON

SpotON은 미국 Washington 대학에서 개발한 시스템으로 RFID를 사용한 방식이다. 이 방법은 RFID 태그와 RFID 리더 사이의 신호 세기를 사용하여 둘 간의 거리를 계산한다. 또한 SpotON은 916.5MHz 대역의 주파수를 사용하여 실내에서의 위치를 파악하게 된다. 그리고 신호의 세기를 얼마나 정확하게 측정할 수 있느냐가 시스템의 전체 성능을 좌우하게 된다[8].



[그림 7] SpotON 시스템의 위치 검출 방식

신호의 세기가 거리가 멀어짐에 따라서 약해진다는 점을 이용한다는 점과 [그림 7]에서처럼 신호 세기에 따른 거리를 이용해서 원을 그려 물체의 위치를 검출한다는데 있어서 본 논문과 동일하다고 말할 수 있다. 하지만 SpotON 방식과 본 논문의 가장 큰 차이점은 인식 가능한 거리에 있다. SpotON에서 제안한 방식은 916.5MHz 대역의 주파수를 사용한다. 916.5MHz의 주파수 대역은 인식 가능한 거리가 근거리로써 최대 수 미터 밖에 인식할 수 없다는 단점이 있다.

SpotON에서 사용되는 신호의 세기는 다음과 같은 공식에 의해서 결정된다.

$$SS = 0.0236 * d^2 - 0.629 * d + 4.781$$

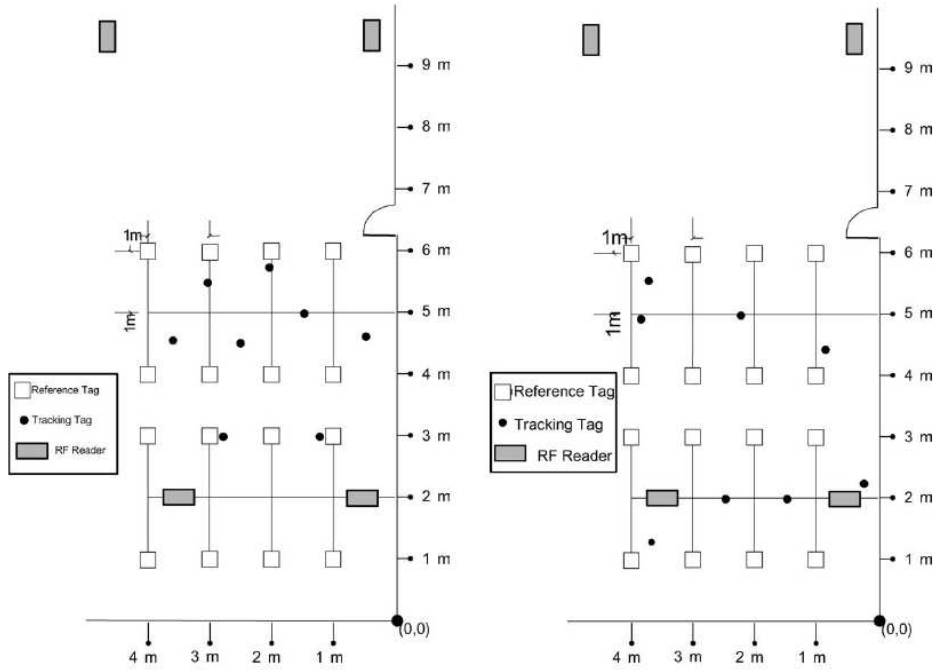
이때 d는 RFID 태그와 RFID 리더 사이의 거리를 나타낸다.

3.7 LANDMARC

LANDMARC 시스템[9]은 미국 Michigan State University와 Hong Kong University of Science & Technology에서 개발한 실내 위치 측정 시스템으로써 본 논문과 마찬가지로 능동형 RFID 태그를 사용하지만 433MHz 대역이 아닌 308MHz 대역을 사용한다.

LANDMARC는 많은 리더를 사용해서 위치 측정의 정확성을 높이는 대신 참고 태그(reference tag)라는 개념을 사용한다. 참고 태그라는 것은 시스템에서 실제로 찾기 위한 태그가 아니고 실제 태그를 찾기 위해서 돕는 태그를 말한다. 이 참고 태그를 일정한 간격으로 배치하고 이를 토대로 참고 태그와 실제 태그와의 거리를 계산, 참고 태그와 리더와의 거리, 실제 태그와 리더와

의 거리를 종합해서 실제 태그의 위치를 판별하게 된다.



[그림 8] LANDMARC 시스템에서 리더, 참고 태그, 목표 태그의 배치[9]

LANDMARC 시스템의 정확도는 리더의 수, 참고 태그의 수 그리고 각 리더의 출력에 의존한다. 다음과 같은 벡터 값을 갖는다. 참고 태그가 목표 태그에 가까울수록 더 작은 E 값을 갖게 된다.

Signal strength vector of tracking tag $\mathbf{S} = (S_1, S_2, \dots, S_n)$

Signal strength vector of reference tag $\boldsymbol{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$

Euclidean distance between trac. tag and ref. tag $E_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\theta_i - S_i)^2}$

가장 작은 E 값을 갖는 참고 태그로부터 목표태그를 찾는 방식이다.

4. 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출의 설계 및 구현

4.1 위치 검출 설계

4.1.1 물리적인 시스템

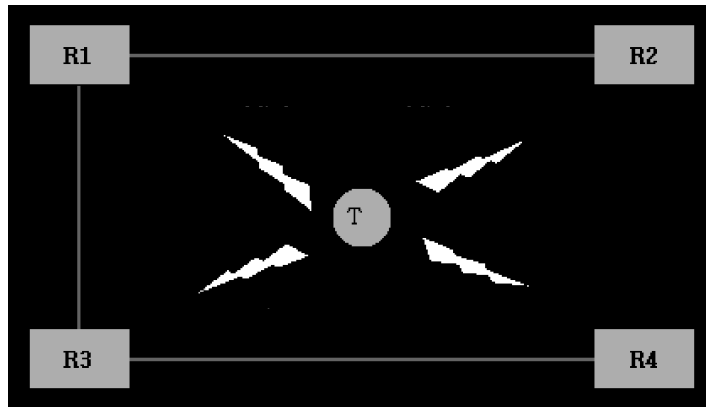
본 논문에서 제안하는 위치 검출을 위한 구조는 다음과 같다. 먼저 물리적인 시스템은 4개의 RFID 리더를 [그림 9]와 같이 설치를 하고 설치된 리더 사이에 RFID 태그를 위치한다. 태그에 대한 리더로부터의 응답 메시지 포맷에는 두 가지 명령이 존재한다. 하나는 브로드캐스트 명령이고 다른 하나는 점 대 점 명령이다. 브로드캐스트(broadcast) 명령은 일괄 수집 알고리즘에 의해서 선택된 다수의 태그 그룹으로부터 정보를 수집하기 위해서 사용된다. 점 대 점 명령은 브로드캐스트 명령과는 달리 특정 태그를 호출하기 위해서 사용되며 특정 태그를 호출하기 위해 태그 ID를 필요로 한다[14].

두 가지 방식 중에서 본 논문은 점 대 점 명령을 사용해서 리더와 태그를 연결한다. 이유는 본 논문의 목적이 다수의 태그를 인식하는데 있지 않고 능동형 RFID 태그를 이용하여 얼마나 정확하게 위치 검출이 가능한지를 평가하기 위함에 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 다수의 태그의 사용은 배제하도록 한다.

4.1.2 미들웨어

다음으로 물리적인 시스템인 리더와 태그로부터 전송된 정보를 수집하여 정보를 처리하는 미들웨어 부분과 미들웨어로부터 수집된 정보를 사람이 식

별 가능하도록 변환한 뒤 ROA 방식을 사용해서 리더와 태그 사이의 거리를 측정하는 부분과 측정된 거리를 바탕으로 삼각측량을 수행하여 실제로 태그가 위치한 곳의 좌표와 본 위치 검출 방식을 통해서 산출된 결과가 얼마의 오차를 갖는지를 계산하는 부분으로 나누어져 있다.



[그림 9] 위치 검출을 위한 개념도

미들웨어로 정보가 전송되는 과정은 다음과 같다. 먼저 미들웨어가 설치된 서버와 리더가 연결되어야 한다. 각 리더와 서버는 유선 랜, 무선 랜, 시리얼 통신, 이더넷 등의 방법으로 연결될 수 있으면 본 방식에서는 시리얼 통신 방법을 이용하여 연결한다.

그 다음으로 태그와 리더가 연결되어야 한다. 태그와 리더의 연결은 앞에서 설명한 점 대 점 방식으로 연결이 되고 리더와 연결된 태그는 매 블링크마다 자신의 정보를 리더로 전송을 하게 된다. 이때의 태그의 정보는 태그 자신의 ID와 태그의 배터리 잔량 정도와 같은 태그의 상태 정보를 전송하게 된다. 마지막으로 리더는 태그로부터 전송 받은 정보와 리더 자신의 정보인 각 리더의 ID, 리더와 태그 사이의 신호 세기(RSSI) 등을 서버로 전송하게 된다. 현재 개발 중인 제품에서는 이 신호 세기인 RSSI 값을 미들웨어로 직접 넘

겨주지만 본 실험에서 사용된 제품은 이 기능을 제공하지 않기 때문에 다른 방법을 이용해서 리더와 태그 사이의 신호세기를 측정하였다. 본 논문에서는 태그와 리더의 거리를 측정하는데 있어서 리더의 출력을 조정하는 방식을 사용한다. 예를 들어 리더와 태그를 5 미터 떨어뜨려 놓고 리더의 출력을 조정해서 리더와 태그가 5 미터 떨어져 있을 때는 리더의 출력이 100 db이라고 사전에 측정을 하게 된다. 그 다음에 실험을 할 때에 리더 사이에 태그를 위치하고 리더의 출력을 조정해 가면서 100 db일 때 태그가 인식 된다면 리더와 태그는 5 미터 떨어져 있다고 여기고 인식이 안 되면 리더가 태그를 인식할 때까지 출력을 높여가면서 측정하는 방식을 사용하였다. 실제 실험에서 사용될 미들웨어는 기기에서 제공되는 미들웨어를 사용하도록 한다.

4.1.3 삼각측량과 오차 계산

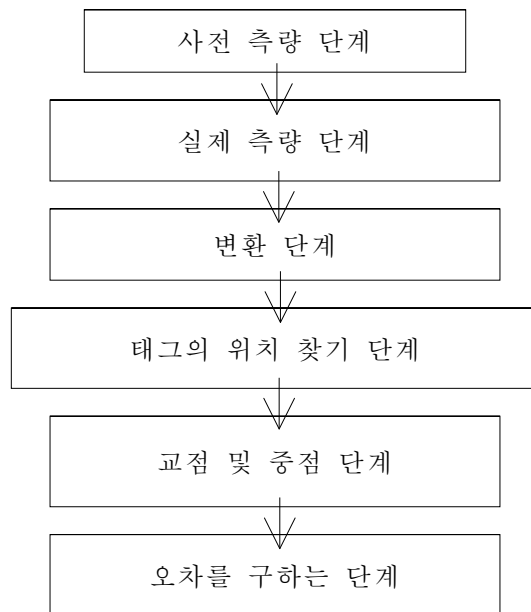
능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출에서 마지막으로 필요한 부분은 미들웨어로부터 수집된 정보를 이용하여 사람이 식별 가능하도록 변환한 뒤 ROA 방식을 이용해서 리더와 태그 사이의 거리를 계산하고 이를 바탕으로 삼각측량을 수행하여 실제 태그의 위치와 계산된 태그의 위치에 대한 오차를 구하는 부분이 필요하다. 사전 실험을 통해서 리더의 출력에 대한 태그의 인식거리를 구하고 구해진 값을 미터로 환산하는 작업을 거친다.

그 다음에 각 리더의 출력을 조정해가면서 태그가 인식되는지 여부를 토대로 리더의 출력 값을 측정하고 리더의 출력 값을 통해서 리더와 태그 사이의 거리를 계산한다. 계산된 거리를 반지름으로 하는 원을 리더와 태그 사이에 그린다. 설치된 리더가 총 4개라고 할 때 하나의 태그에 대한 원은 총 4개가 생기게 되고 각 원이 만나는 교점이 실제 태그가 위치한 곳으로 판별하게 된다. 본 방식을 이용해 구해진 위치와 실제 태그가 위치한 곳의 차이가 전체

에 대한 오차가 되고 이를 토대로 능동형 RFID 태그를 이용해서 위치를 검출하는 기술에 대한 타당성을 판별하도록 한다.

4.2 위치 검출의 구현

본 논문에서 제안하는 방식은 다음과 같이 구현된다. 가장 먼저 본 논문에서 사용하는 RFID 기기는 이스라엘의 HiGTek에서 개발된 DataReader with RS232 리더와 DataTag를 사용하였다. DataReader는 916.5MHz, 433.92MHz 또는 315MHz에서 동작하며 최대 인식거리는 50미터이다. DataTag는 능동형 태그로써 433.92MHz 대역의 주파수에서 동작한다[12]. 본 논문에서 제안한 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출은 6단계로 나뉘고 블록 다이어그램으로 표현하면 [그림 10]과 같다.



[그림 10] 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 이용한 검출 구현

1. 리더 출력 조정을 통한 리더 대 태그 인식거리를 측량한다.

2. 리더와 태그를 설치하고 출력 조정을 통해 각 리더에서 태그에 대한 신호 세기를 측정한다.
3. 실제 측량 단계에서 얻어진 값을 사전 측량 단계에서 얻어진 값을 이용하여 미터로 변환한다.
4. 변환된 값을 가지고 삼각측량 수행한다.
5. 삼각측량을 통해 교점과 중점을 구한다.
6. 구해진 최종 좌표 값과 실제 좌표 값과 비교해서 최종적으로 오차를 구한다.

4.2.1 태그의 위치 찾기 단계 (삼각 측량법)

미들웨어에서 서버로 전송된 RSSI 값을 통해 미터 값으로 변환한다. 변환된 거리를 반지름으로 하는 원을 각각의 리더로부터 그린다. 원을 그려서 원의 교점을 찾는 삼각 측량법을 이용한다. 본 논문이 제안한 방식에서는 총 4개의 리더를 사용하기 때문에 원의 개수도 리더의 수와 마찬가지로 4개가 만들어진다. 만약 측정된 리더로부터 태그까지의 거리가 정확하다면 4원이 만나는 교점(交點)은 태그가 위치한 곳에서만 만나게 된다. 하지만 측정된 거리가 실제 거리와 정확하게 일치하지 않기 때문에 교점은 여러 개가 만들어지게 된다. 따라서 얻어진 교점들에 대한 중점(中點)을 최종적으로 태그가 위치한 곳으로 판단한다.

두 원의 교점에 대한 좌표를 구하는 과정은 다음의 식을 통해 구해진다.

방정식

$$(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 = r^2 \text{와}$$

$$(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 = r^2 \dots (1) \text{로 표현되는 두 원 C1과 C2의 교점은}$$

다음과 같이 구해진다.

두 원을 C1, C2라고 C1 위의 임의의 점 (x, y)는 다음과 같이 1차원으로 표현된다.

$$\begin{aligned}x &= x_1 + r_1 \cos \theta \\y &= y_1 + r_1 \sin \theta \dots (2)\end{aligned}$$

이것을 식(1)의 두 번째 식에 대입하면

$$\begin{aligned}(x_1 + r_1 \cos \theta - x_2)^2 + (y_1 + r_1 \sin \theta - y_2)^2 &= r_2^2 \\(r_1 \cos \theta - X)^2 + (r_1 \sin \theta - Y)^2 &= r_2^2\end{aligned}$$

여기서

$$X = x_2 - x_1$$

$$Y = y_2 - y_1 \dots (3) \text{이다. 전개하면}$$

$$\begin{aligned}r_1^2 \cos^2 \theta - 2r_1 X \cos \theta + X^2 + r_1^2 \sin^2 \theta - 2r_1 Y \sin \theta + Y^2 &= r_2^2 \\r_1^2 - r_2^2 + X^2 + Y^2 &= 2r_1 (X \cos \theta + Y \sin \theta) \\&= 2r_1 \sqrt{X^2 + Y^2} \cos(\theta - \tan^{-1} \frac{Y}{X})\end{aligned}$$

$$\text{이때 } D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \text{ 이고}$$

$$\Phi = \tan^{-1} \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \text{라고 하면}$$

$$r_1^2 - r_2^2 + D^2 = 2r_1 D \cos(\theta - \phi) \dots (4) \text{로 표현되고}$$

식 (4)를 θ 에 대해서 풀면

$$\theta = \phi \pm \cos^{-1} \frac{r_1^2 - r_2^2 + D^2}{2r_1 D} \dots (5)$$

식 (5)를 식 (2)에 대입하면 두 원에 대한 교점을 얻을 수 있다.

위의 공식을 통해서 구해진 두 원에 대한 교점의 수는 거리에 따라 교점이 없거나 1개 또는 2개가 될 수 있다. 만약 원의 반지름으로 사용하는 태그와 리더 사이의 측정된 거리가 정확하다면 원에 대한 교점은 정확히 하나의 교점이 생기게 된다. 하지만 실제로 태그와 리더 사이의 정확한 거리를 측정하기는 거의 불가능하기 때문에 두 원의 교점은 일반적으로 0, 1개 또는 2개가 된다. 태그를 교점이 없는 경우는 측정된 거리가 실제 길이보다 짧아서 두 원이 만나지 않는 경우고 1개인 경우는 측정된 거리가 실제 길이와 같아서 정확하게 한 점에서 만나게 된다. 교점이 2개인 경우에는 측정된 거리가 실제 길이보다 길 때 발생하게 되는데 이때 어떠한 점을 실제 태그가 있는 곳으로 예측해야 하는 가를 생각해야 한다. 본 논문에서는 구해진 두 교점의 중점을 태그가 있는 곳의 위치로 판단한다. 각 교점의 중점은 k개의 교점에

$$\text{대해서 } (x_{est}, y_{est}) = \left(\frac{x_1 + x_2 + \dots x_k}{k}, \frac{y_1 + y_2 + \dots y_k}{k} \right) [17] \text{로 구해진다.}$$



X: 두 원의 교점 O: 두 교점의 중점

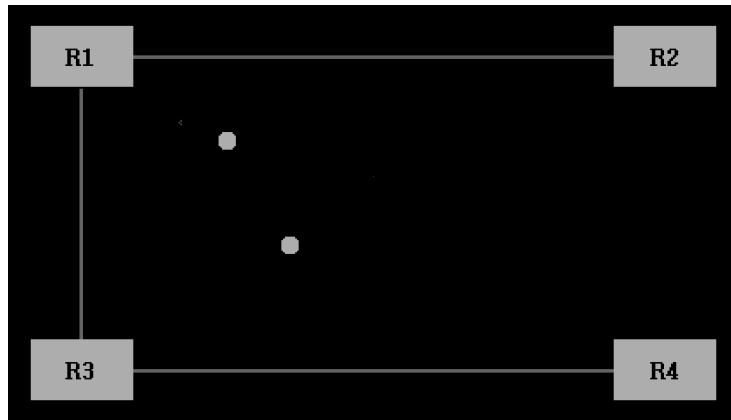
[그림 11] 두 원의 교점과 중점

각 리더의 태그에 대한 RSSI 값을 이용해서 거리를 계산하고 이 거리를 가지고 원을 그리게 된다. 총 4개의 리더가 본 방식에서 사용되기 때문에 4개의 원이 그려지게 된다. 따라서 각 원에 대해서 다른 원에 대한 교점을 구하고 구해진 교점들에 대해서 다시 중점을 구한다. 중점들 간의 최종적인 중점이 태그가 있다고 판단하는 곳의 위치가 된다.

4.2.2 실제 위치에 대한 오차를 구하는 단계

다음은 시스템을 통해서 구해진 태그가 있다고 판단되는 곳의 위치와 실제 태그가 위치한 곳의 오차를 구해야한다. 이 둘 간의 오차가 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출의 최종적인 오차가 된다.

시스템을 통해서 구해진 좌표를 (x', y') 이라고 하고 실제 태그가 위치한 곳의 좌표를 (x, y) 라고 하면 [그림 12]와 같이 실제 위치와 측정 위치의 오차 $(\Delta x, \Delta y)$ 를 구하게 된다.



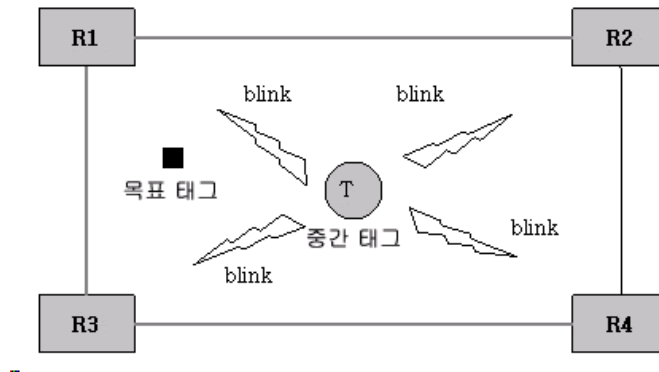
[그림 12] 실제 위치와 측정 위치의 오차

이미 앞에서 구해진 (x', y') 의 좌표와 실제 태그가 존재하는 곳의 좌표 (x, y) 를 알고 있기 때문에 $D = \sqrt{x_2 - x_1 + y_2 - y_1}$ 를 통해서 (x, y) 와 (x', y') 의 거리를 계산한다.

4.3 리더의 재배치와 중간 태그를 이용한 성능 향상

일반적인 삼각측량에 추가로 위치 검출에 대한 오차를 줄이기 위해서 본 논문에서는 리더의 재배치와 중간 태그를 이용한 방법을 추가로 제안한다. 리더의 재배치라는 것은 리더의 위치를 변경해서 변경 전과 어떻게 성능에 영향을 미치는지를 살펴보는 것이다. 기존 방법에서는 리더를 사각형의 각 꼭지점에 위치했지만 다른 방식으로 사각형 각 모서리 부분의 가운데 리더를 위치한다. 리더를 사각형의 모서리 가운데 부분에 위치함으로써 꼭지점에 위치했을 때보다 같은 인식 거리 안에서 더 많은 좌표에 있는 태그를 인식하는 것이 가능하다. 따라서 제안한 방식대로 리더를 사각형의 모서리에 위치하고 성능을 평가하여 일반적인 방식과 비교한다.

또한 일반적으로 리더와 태그 사이에 장애물이 존재할 경우 위치 검출 성능에 좋지 못한 결과를 낳기 때문에 이 부분에 대해서도 연구할 필요가 있다. 본 논문에서는 이러한 장애물이 존재할 경우에 대해서 중간 태그 개념을 사용하는 것을 제안한다.

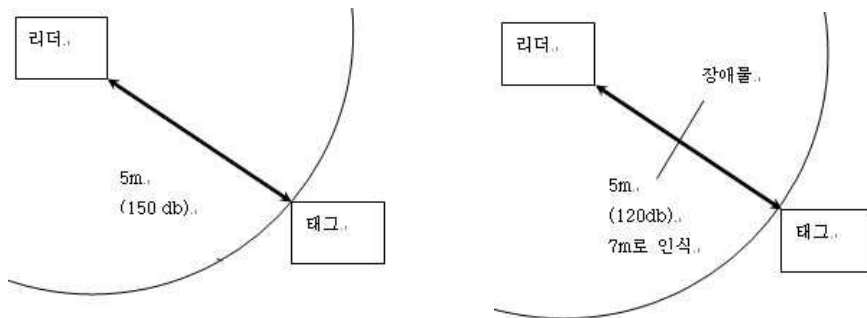


[그림 13] 중간태그 개념도

중간 태그라는 것은 사각형의 가운데 찾고자 하는 태그가 아닌 태그를 위치하고 사전에 각 리더로부터 이 중간 태그에 대한 신호세기를 측정한다. 이 사전에 측정된 중간 태그의 신호세기와 실제 위치 검출을 수행할 때 다시 측정한 중간 태그에 대한 신호세기를 비교하여 차이가 있을 경우에 리더와 중간 태그 사이에 장애물이 있음을 인지하게 된다. 장애물이 존재하는 것을 인지하였기 때문에 리더와 찾고자 하는 태그 그리고 중간 태그가 같은 선상에 위치할 경우에 중간 태그를 막는 장애물이 찾고자 하는 목표 태그에도 영향을 미치기 때문에 장애물에 의해서 상쇄된 신호세기를 다시 목표 태그에 부여해주어서 리더와 목표 태그 사이의 좀 더 정확한 거리 측정을 가능하게 한다.

예를 들면 5미터 거리에 대해서 리더와 태그 사이의 신호세기가 150db이라

고 하고 7미터 거리에 대한 신호세기가 120db이라고 가정한다. 이때 리더와 태그 사이의 거리는 실제로 5미터이고 장애물이 없을 경우에는 둘 간의 신호세기가 150db이 되지만 장애물이 리더와 태그 사이에 존재하게 되면 둘 간의 신호세기는 약해져서 120db을 가리키게 된다. 신호세기가 120db을 가리키게 되면 실제 거리가 5미터임에도 불구하고 시스템에서는 둘 간의 거리를 7미터로 인식하게 된다. 이러한 문제가 발생하기 때문에 목표 태그의 위치를 정확하게 검출할 수가 없다.



[그림 14] 장애물에 따른 인식 거리

위 [그림 14]과 같이 장애물이 있을 경우 실제 거리는 5미터이고 그에 따른 신호세기 값은 150 db이지만 장애물이 리더와 태그 사이에 존재하게 되면 신호세기가 약해져 120 db이 되고 둘 간의 거리를 7미터로 인식하게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 앞에서 설명한 중간 태그 개념을 사용해서 해결한다. 리더와 태그 사이의 거리, 장애물이 리더와 태그 사이에 미치는 영향 정도에 따라서 오차가 다를 수 있다. 실험에서는 리더와 중간 태그 사이의 거리가 5미터이고 장애물과 중간 태그 사이의 거리가 4미터, 장애물이 리더와 중간 태그에 미치는 영향이 약 50db일 경우를 대상으로 실험하였다.

5. 실험 결과 및 분석

5.1 실험 환경

능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출 시스템을 위한 실험 환경은 다음 [그림 15], [그림 16]과 같다. 먼저 실외 환경은 건물의 옥상에 설치하였고 실내 환경은 일반 강의실에 설치하였다.



[그림 15] 실외 환경 사진



[그림 16] 실내 환경 사진

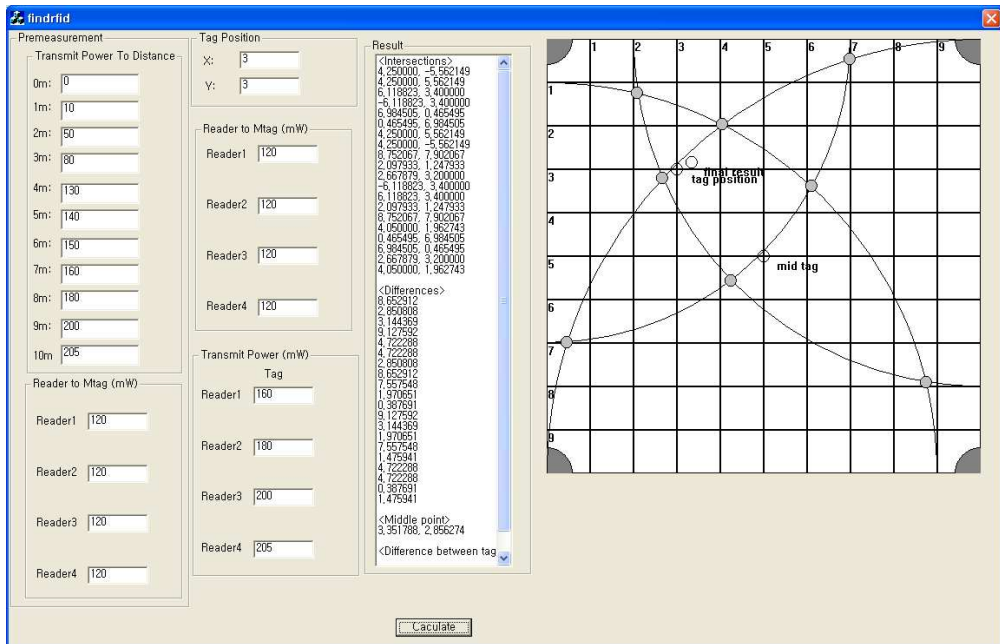
가로 10 미터 세로 10 미터의 사각형을 격자 모양으로 하여 각 꼭짓점에 리더를 위치한다. 1 미터 단위로 가로와 세로에 표시를 하고 (0, 0)에서부터 (10, 10)까지의 좌표를 설정한다. 각 리더의 위치는

- 1 R1 - (0, 0)
- 1 R2 - (10, 0)
- 1 R3 - (0, 10)
- 1 R4 - (10, 10) 이 된다.

이러한 실험 환경을 실외와 실내에 설치해서 위치 검출의 유효성을 판별하게 된다. 실외에서의 오차와 실내에서의 오차를 비교하고 각 실험 환경에 임의로 사람을 리더와 태그 사이에 위치하고 장애물이 성능에 어떠한 영향을 미치는지를 조사한다.

5.2. 삼각 측량에 대한 결과

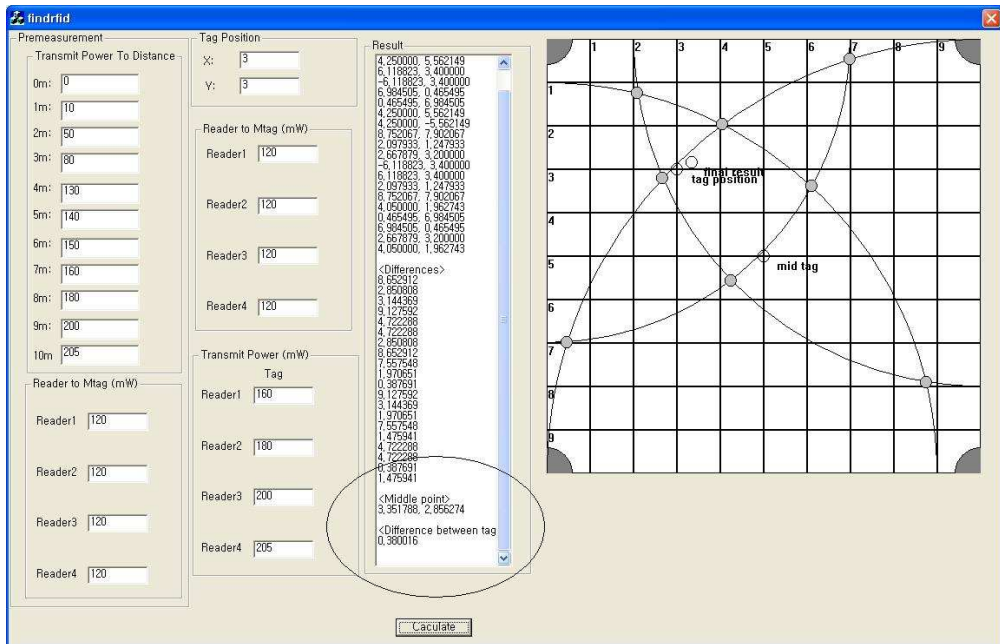
4개의 리더 사이에 위치한 태그를 찾기 위해서 앞 장에서 설명한 것처럼 삼각 측량법이 사용된다. 각 원에 대한 교점을 구한 결과는 [그림 17]과 같다.



[그림 17] 원에 대한 교점을 구한 결과 화면

각 꼭짓점에 위치한 리더로부터 태그까지의 거리를 그림과 같이 무작위로 입력하였을 때 다음과 같이 교점이 존재하는 것을 알 수 있다.

tag position은 실제 태그의 위치, final result는 본 시스템을 사용해서 계산된 태그의 최종 위치 좌표가 된다. 마지막으로 final result와 tag position에 대한 거리 차이를 계산하여 본 방식에 대한 오차를 구하게 된다. 오차는 [그림 18]과 같다. 거리 차이에 대한 계산은 앞장에서 설명한 방법으로 구현되었다.



[그림 18] 제안한 방식으로 계산된 최종 좌표와 실제 위치와의 오차
(원으로 표시된 부분)

5.3 실험 결과

5.3.1 일반 삼각 측량을 이용한 실험 결과

본 시스템을 위한 실험을 실외 환경에서와 실내 환경에서 실시하였고 장애물이 리더와 태그 사이에 위치할 때를 나누어서 실시하였다. 실험은 각 좌표별로 총 121회에 걸쳐서 진행되었고 실내 환경과 실외 환경의 비교를 위해서 25개의 좌표를 사용하였다. 먼저 실외에서 거리에 따른 리더의 출력은 다음 표와 같다.

[표 3] 실외, 실내 환경에서 리더의 출력에 따른 태그 인식 거리

거리(m)	리더 출력 강도(실외, mW)	리더 출력 강도(실내, mW)
0	0	0~5
1	5~10	10~45
2	15~40	50~75
3	45~85	80~125
4	90~155	130~135
5	160~200, wa0	140~145
6	wa5~wa10	150~155
7	wa15~20	160~175
8	wa25~30	180~195
9	wa35~40	200
10	wa45~50	wa0~
11	wa55~60	식별 불가
12	wa65~70	식별 불가
13	wa75~80	식별 불가
14	wa85~90	식별 불가
15	wa90~	식별 불가

리더 출력에 따른 태그의 인식 거리는 각 거리를 리더의 출력을 반복적으로 조정해가면서 가장 많이 인식 되는 가장 작은 값을 사용했다. 실외에서는 리더와 태그의 사이가 0에서 5미터 정도의 근거리에서는 추가적인 안테나 없이도 리더의 출력을 조정해가면서 태그가 인식되었지만 그 이상 거리가 떨어지게 되면 추가적인 안테나가 필요하였다. 따라서 위 [표 3]에서 wa(with antenna)는 추가적으로 리더에 안테나를 사용해서 태그를 인식한 결과이다. 또한 실외에서는 출력을 높여가면서 0에서 15미터까지 각각 다른 리더의 출력 값을 가지고 거리가 분별이 되었지만 실내에서는 안테나를 사용할 경우에 출력에 상관없이 모든 거리에서 태그가 인식 되었다. 따라서 실내에서는 10미터가 넘는 거리에 대해서는 측정이 불가능하였으므로 4개의 리더가 동시에 식별가능한 곳의 좌표만을 대상으로 실험하였다. 실내와 실외 환경에 대한 비교도 역시 같은 좌표에 대해서만 실시하였다.

첫 번째 실험은 장애물이 없는 실내 환경에서 실험했을 때의 결과이다. 실내 환경에서는 앞의 [표 3]에서 설명하였듯이 10미터 이상은 식별이 불가능하였다. 따라서 실내 환경에서는 리더와 태그 사이의 거리가 식별 가능한 좌표에 대해서만 오차를 구하였다. 4개의 리더에서 동시에 태그가 식별이 가능한 좌표는 (3, 3)~(3, 7), (4, 3)~(4, 7), (5, 3)~(5, 7), (6, 3)~(6, 7), (7, 3)~(7, 7) 까지 총 25개의 좌표이다. 결과는 최대 1.71 미터, 최소 0.22 미터, 평균 0.84 미터의 오차를 보였다. 이 결과는 10미터 X 10미터 환경에서 최대 약 14.14 미터의 오차가 발생할 수 있기 때문에 본 실험 결과는 평균 5.94%의 오차를 보인다. [표 4]는 실내 환경에서 실험한 결과의 일부이다.

[표 4] 실내 환경에서의 오차

태그 위치	R1-Tag (mW)	R2-Tag (mW)	R3-Tag (mW)	R4-Tag (mW)	계산된 위치	오차(m)
3, 3	140	180	200	200	3.3, 2.6	0.46
3, 4	140	180	160	200	2.9, 3.5	0.48
3, 5	150	200	150	180	2.7, 5.6	0.69
3, 6	160	200	140	180	2.9, 5.5	0.41
3, 7	180	200	130	160	3.4, 6.1	0.99
중략						
7, 3	180	130	200	180	5.9, 3.1	1.05
7, 4	180	140	200	160	6, 3.6	1.05
7, 5	180	150	180	160	5.8, 3.9	1.57
7, 6	200	160	180	140	6, 5.6	0.98
7, 7	200	180	160	150	5.6, 6	1.71

두 번째 실험은 실내 환경에서 리더와 태그 사이에 장애물을 위치하고 실험했을 때의 결과이다. 이 실험에서도 위와 동일하게 리더와 태그 사이의 거리가 식별 가능한 좌표 25개에 대해서만 오차를 구하였다. 장애물이 있을 때의 결과는 최대 2.02 미터, 최소 0.25 미터, 평균 0.92 미터의 오차를 보였다. 평균 6.50%의 오차로 장애물이 없을 경우의 5.94%에 비해서는 0.56% 떨어지

는 결과이다. [표 5]는 실내 환경에서 장애물이 있을 때 실험한 결과의 일부이다.

[표 5] 실내 환경에서 장애물이 있을 때의 오차

태그 위치	R1-Tag (mW)	R2-Tag (mW)	R3-Tag (mW)	R4-Tag (mW)	계산된 위치	오차(m)
3, 3	140	160	200	200	3.7, 2.4	0.89
3, 4	150	180	180	200	3.4, 3.4	0.72
3, 5	160	200	160	200	3.1, 4.1	0.91
3, 6	180	200	150	180	3.4, 5.8	0.5
3, 7	200	200	130	160	3.7, 6.4	0.96
중략						
7, 3	180	130	200	180	5.9, 3.1	1.05
7, 4	180	140	200	160	6, 3.6	1.05
7, 5	200	160	180	160	5.8, 4.4	1.27
7, 6	200	160	180	140	6, 5.6	0.98
7, 7	200	180	160	140	5.6, 6	1.65

세 번째는 장애물이 없는 실외 환경에 대한 오차로 위의 실내 환경에서의 좌표와 같은 좌표에 대해서 최대 1.65 미터, 최소 0.2 미터, 평균 0.99 미터의 오차를 보여 약 7.0%의 오차가 발생했다. [표 6]은 실외 환경에서 실험한 결과의 일부이다.

[표 6] 실외 환경에서의 오차

태그 위치	R1-Tag (mW)	R2-Tag (mW)	R3-Tag (mW)	R4-Tag (mW)	계산된 위치	오차(m)
3, 3	90	wa40	wa30	wa50	2.3, 3	0.62
3, 4	160	wa40	wa20	wa50	2.4, 3.4	0.75
3, 5	wa5	wa50	160	wa50	1.9, 5.4	1.12
3, 6	wa5	wa50	160	wa40	2.2, 5.5	0.83
3, 7	wa30	wa50	90	wa30	2.8, 6	0.94
중략						
7, 3	wa30	90	wa50	wa40	5.8, 2.4	1.24
7, 4	wa40	160	wa50	wa20	6.5, 3.5	0.67
7, 5	wa50	wa5	wa40	wa5	6.5, 4.5	0.63
7, 6	wa40	wa5	wa40	160	6.5, 5.1	0.96
7, 7	wa50	wa20	wa40	90	6.6, 5.6	1.4

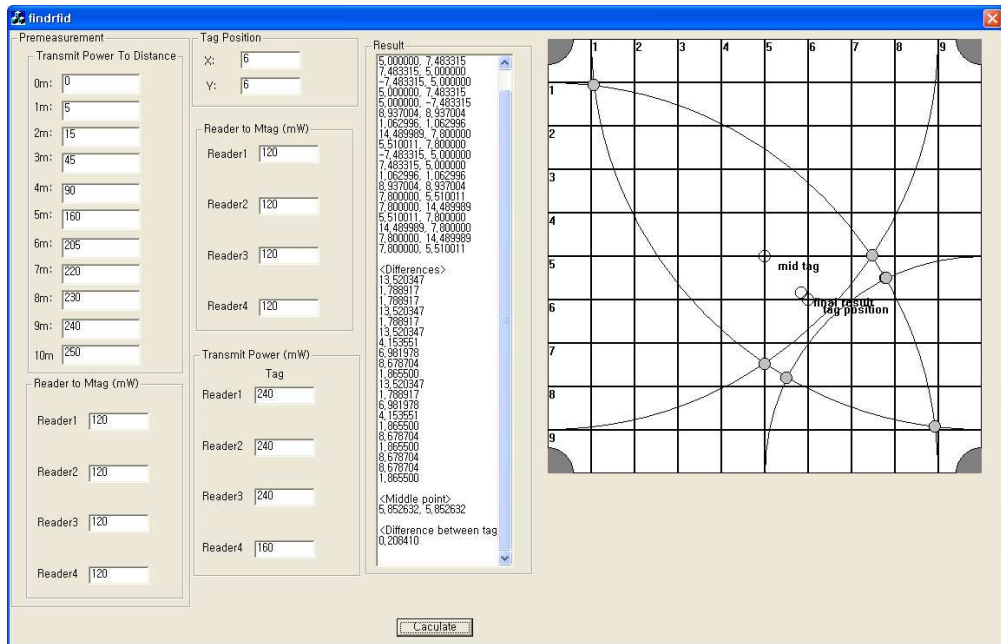
마지막 실험은 실외에서 리더와 태그 사이에 장애물을 두고 실험했을 때의 결과이다. 장애물이 있을 때의 오차는 최대 1.07 미터, 최소 0.27 미터, 평균 1.07 미터의 오차를 보였다. 이 결과는 장애물이 없을 때의 결과보다는 다소 떨어지는 결과인 7.56%의 오차로 거리로는 약 8 센티미터 정도로 많은 차이는 보이지 않았다. [표 7]은 실외 환경에서 장애물이 있을 때 실험한 결과의 일부이다.

[표 7] 실외 환경에서 장애물이 있을 때의 오차

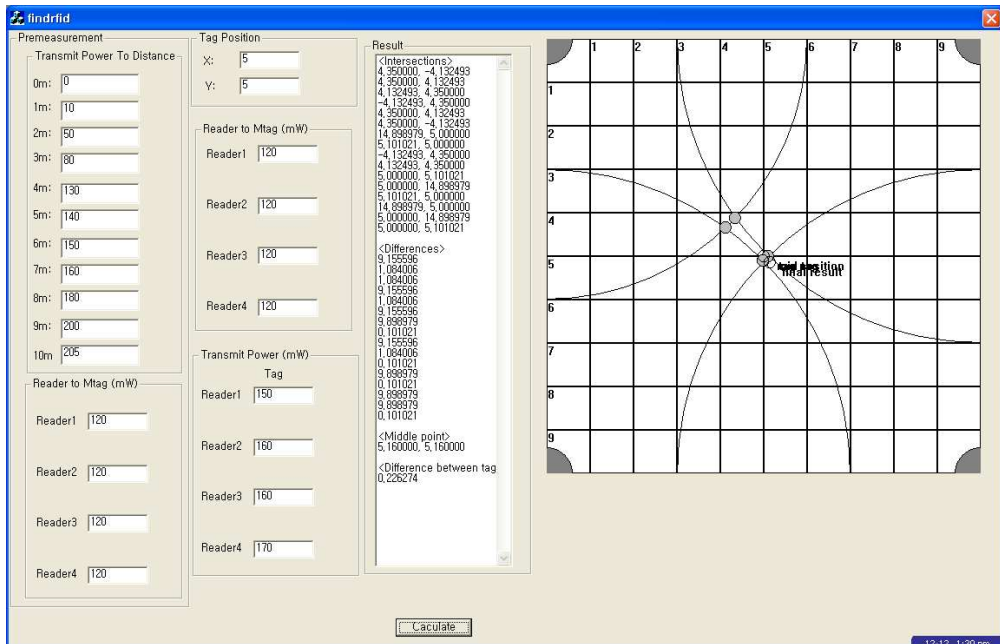
태그 위치	R1-Tag (mW)	R2-Tag (mW)	R3-Tag (mW)	R4-Tag (mW)	계산된 위치	오차(m)
3, 3	90	wa40	wa30	wa50	2.3, 3	0.62
3, 4	160	wa40	wa5	wa50	2.3, 3.7	0.7
3, 5	160	wa50	160	wa50	1.8, 5.2	1.22
3, 6	wa5	wa50	160	wa40	2.2, 5.5	0.83
3, 7	wa30	wa50	90	wa30	2.8, 6	0.94
중략						
7, 3	wa30	90	wa50	wa40	5.8, 2.4	1.24
7, 4	wa40	160	wa50	wa20	6.5, 3.5	0.67
7, 5	wa40	160	wa50	wa30	6.3, 3.2	1.87
7, 6	wa40	wa05	wa40	wa05	6.3, 4.2	1.87
7, 7	wa50	wa20	wa40	90	6.6, 5.6	1.4

이와 같은 실험 결과를 통해서 실외보다는 실내에서 그리고 장애물이 있을 때보다는 장애물이 없는 경우에 정확한 위치가 계산됨을 알 수 있었다. 최대 평균이 수치상으로는 1.62%로 거리로는 약 23 센티미터 정도의 오차를 보였다. 실외의 경우에는 리더의 전파가 사방으로 퍼져나가기 때문에 벽으로 막힌 실내에서보다는 리더와 태그 사이의 출력이 많이 변화해서 이와 같은 결과가 나왔다. 또한 리더와 태그 사이에 장애물이 위치할 경우에 없는 경우보다는 신호의 세기가 약할 수밖에 없고 따라서 리더의 출력을 없는 경우보다 높여야 태그가 인식이 됨으로 실제 태그가 위치한 거리보다 더 먼 거리로

인식이 된다. 이러한 문제 때문에 실외에서와 장애물이 있을 경우에 결과가 그렇지 않은 경우에 비해서 떨어지지만 실내와 실외, 장애물이 있는 경우와 장애물이 없는 경우 모두 1미터 안팎의 오차로 타 기술의 오차에 비해 뒤 떨어지지 않은 결과를 보였다.



[그림 19] 실외 환경에서 가장 작은 오차를 보였을 때



[그림 20] 실내 환경에서 가장 작은 오차를 보였을 때

5.3.2 리더의 재배치와 중간 태그를 이용한 실험 결과

5.3.2.1 리더의 재배치를 이용한 실험 결과

4.3장에서 설명하였듯이 본 논문에서는 리더를 재배치하고 중간 태그를 사용함으로써 시스템의 오차를 줄이고 있다. 다음은 리더를 사각형의 꼭지점이 아닌 모서리 부분에 재배치하였을 때의 결과이다. 장애물에 대한 결과는 중간 태그를 이용해서 다시 실험하였기 때문에 리더의 재배치에 따른 실험에 장애물이 위치하였을 경우는 실험하지 않았다.

[표 8] 실내 환경에서의 오차(리더 재배치)

태그 위치	R1-Tag (mW)	R2-Tag (mW)	R3-Tag (mW)	R4-Tag (mW)	계산된 위치	오 차(m)
3, 3	140	180	180	140	3.7, 3.7	0.99
3, 4	150	180	160	130	3.5, 4.8	1.04
3, 5	150	160	150	80	3.7, 5.3	0.79
3, 6	160	180	130	130	3.3, 6.8	0.94
3, 7	180	180	130	150	4.3, 7.1	1.4
중략						
7, 3	140	130	180	180	7.4, 3.6	0.76
7, 4	130	130	160	180	7.2, 3.6	0.41
7, 5	140	80	150	160	7.2, 4.5	0.5
7, 6	140	130	140	160	7.2, 5.3	0.74
7, 7	160	130	140	180	7.4, 6.5	0.6

최대 오차 1.4미터, 최소 오차 0.33미터, 평균 오차 0.80미터로 5.65%의 오차를 보였고 리더를 재배치하지 않은 실내에서의 결과 5.94%에 비해서 약 0.29% 향상된 결과를 보였다. 다음은 리더를 재배치한 실외 환경에서의 오차이다.

[표 9] 실외 환경에서의 오차(리더 재배치)

태그 위치	R1-Tag (mW)	R2-Tag (mW)	R3-Tag (mW)	R4-Tag (mW)	계산된 위치	오 차(m)
3, 3	160	wa40	wa30	160	3.2, 3.7	0.75
3, 4	160	wa20	wa20	160	4.1, 4.1	1.19
3, 5	wa5	wa20	wa5	90	4, 5.3	1.12
3, 6	wa5	wa30	wa5	160	3.9, 5.3	1.19
3, 7	wa30	wa30	160	160	3.7, 6.9	0.7
중략						
7, 3	160	90	wa30	wa30	7.4, 3.6	0.76
7, 4	160	wa5	wa30	wa30	6.2, 3.9	0.72
7, 5	160	wa5	wa30	wa30	6.6, 6.2	1.3
7, 6	wa20	90	160	wa40	7.8, 6.5	0.96
7, 7	wa30	90	90	wa40	7.6, 7.2	0.71

최대 오차 1.3미터, 최소 오차 0.39미터, 평균 오차 0.86미터로 6.08%의 오차를 보였고 리더를 재배치하지 않은 실외에서의 오차 7.0%에 비해서 약 0.92% 향상된 결과를 보였다.

5.3.2.2 중간 태그를 이용한 실험 결과

다음은 장애물이 리더와 태그 사이에 존재할 때 중간 태그를 이용해서 실험한 결과이다. 리더를 재배치한 상태에서 장애물을 리더 1과 중간 태그 사이인 (5, 1)에 위치하고 실험하였다. 실험 대상 좌표는 리더와 중간 태그 그리고 장애물에 영향을 받는 좌표에 대해서만 실험하였다. 대상 좌표는 (5, 3), (5, 4), (5, 5), (5, 6), (5, 7)이다. 먼저 장애물이 없을 때 해당 좌표에 대한 오차는 0.62미터, 약 4.38%의 오차를 보였다.

사전에 측정한 결과에 따르면 리더 출력 140을 가지고 5미터에 있는 태그를 인식하였지만 장애물이 있을 경우에는 출력을 190으로 높여야 인식이 되었다. 다음은 중간 태그를 사용하지 않고 장애물이 있을 때의 결과이다.

[표 10] 장애물이 있는 환경에서 중간 태그를 사용하지 않았을 때

태그 위치	R1-Tag (mW)	R2-Tag (mW)	R3-Tag (mW)	R4-Tag (mW)	계산된 위치	오차(m)
5, 3	140	150	160	150	5.3, 4.4	1.49
5, 4	170	140	150	150	5.7, 5.7	1.93
5, 5	200	150	140	150	5.3, 7.1	2.21
5, 6	210	140	130	140	5.3, 8	2.08
5, 7	220	150	80	150	5.7, 6.8	0.72

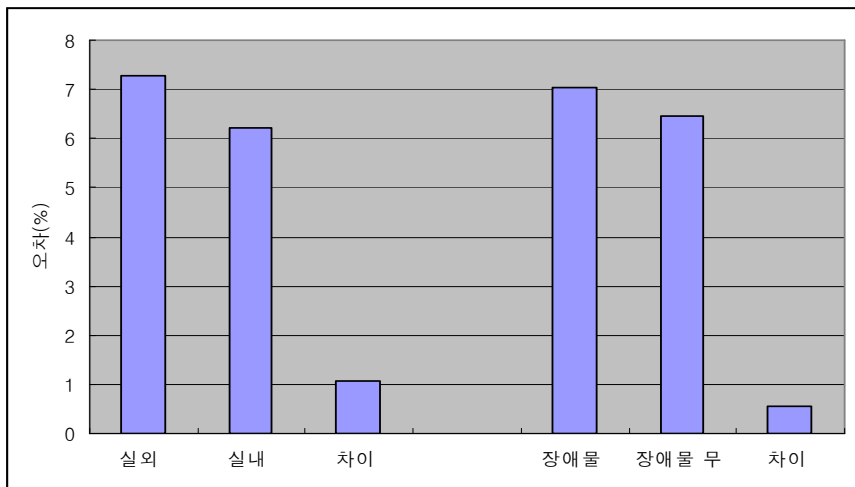
위와 같이 리더 1과 태그 사이의 신호세기가 장애물에 의해서 약해져서 리더의 더 센 출력을 요구하고 따라서 둘 간의 거리가 실제보다 더 먼 것으로 인식이 되어서 삼각측량시 오차가 많이 발생한 것을 알 수 있다. 평균 오차

1.68미터, 11.88%로 장애물이 없는 경우에 비해서 많은 오차가 발생한 것을 알 수 있다. 중간 태그를 사용해서 거리를 보정을 하게 되면 리더 1과 목표 태그의 거리가 줄게 되어 0.93미터, 6.57%의 오차를 보였다. 장애물이 없을 때의 결과에 비해서는 2.19% 떨어지는 수치이지만 중간 태그를 사용하지 않았을 때보다 약 5.31% 향상된 수치이다.

5.4 실험 결과 분석

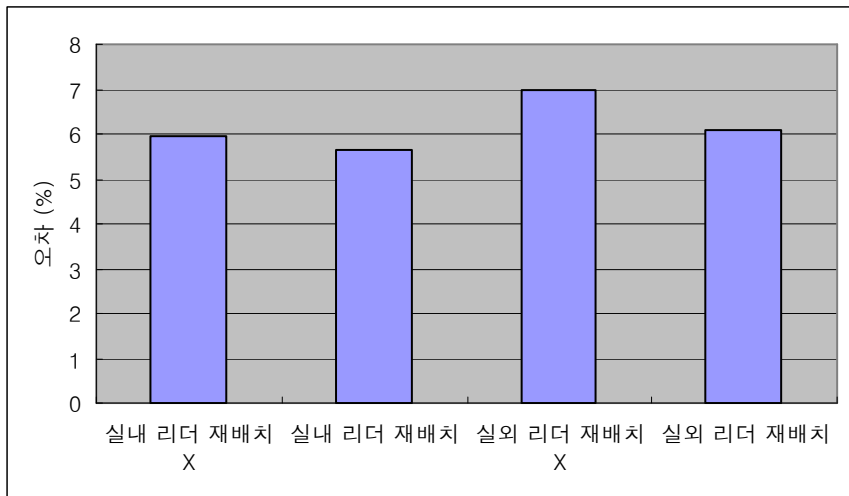
본 논문에서 제안한 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출은 실내, 실외에 상관없이 1 미터 안팎의 오차를 보였다. 이 정도의 오차는 앞에서 언급한 타 실내 위치 검출 시스템이나 GPS를 이용한 실외 위치 검출 방식과 비교해서 뒤 떨어지지 않은 결과이다.

본 논문에서 제안한 방식은 실외 보다는 실내에서 약 1.06% 우수한 결과가 나왔고 또한 리더와 태그 사이에 사람이 있는 경우 보다는 없는 경우에 약 0.56% 정도 우수한 결과가 나왔다. 본 실험 결과에 따르면 장애물의 유무에 대한 여부보다는 실내와 실외 환경에서 오는 차이가 더 큰 것으로 나왔다.



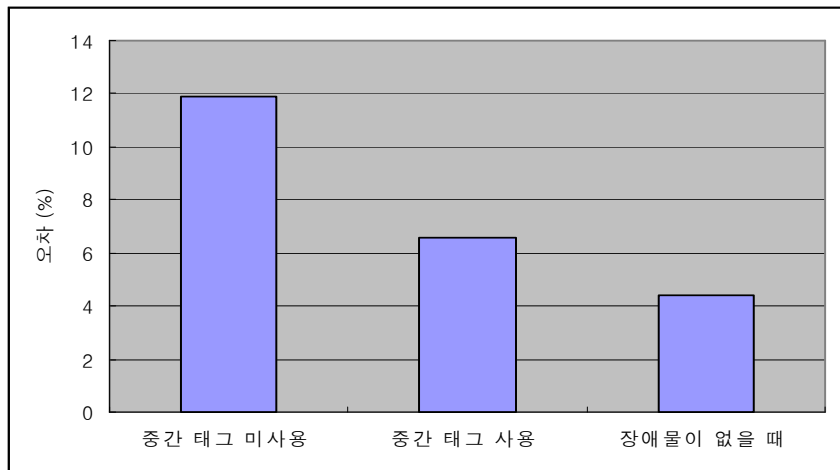
[그림 21] 실내와 실외, 장애물 유무에 따른 오차

또한 본 논문에서 제안한 리더의 재배치를 통한 실험에서는 실내와 실외에서 재배치를 하지 않았을 때에 비해서 각각 0.29%, 0.92% 향상된 결과를 보여 같은 인식 거리에 대해서 많은 좌표의 태그를 인식할 수 있도록 리더를 재배치하는 것이 효과가 있음을 보였다.



[그림 22] 리더의 재배치에 따른 오차

마지막으로 중간 태그를 사용한 실험에서는 장애물이 없을 경우의 4.38%에 비해서는 떨어지는 결과를 보였지만 중간 태그를 사용하지 않았을 경우에 비해서 5.31% 향상된 결과를 보여서 중간 태그를 사용해서 리더와 태그 사이의 거리를 보정하는 것이 효과가 있음을 보였다.



[그림 23] 중간 태그 유무에 따른 오차

실험을 통해서 본 논문에서 제안한 433 MHz 대역의 능동형 태그를 이용한 위치 검출이 실내외를 가리지 않고 1미터 안팎의 오차를 가지고 사용될 수 있음을 입증하였고 리더의 재배치와 중간 태그를 이용해서 위치 검출에서 발생하는 오차를 줄일 수 있음을 보였다.

6. 결론 및 향후 과제

서론에서 언급했듯이 사회가 유비쿼터스 사회로 변화하고 있으며 이 유비쿼터스 사회를 위해서 정확한 위치 검출이 필요하다. 이러한 위치 검출에 사용되는 기술에는 여러 가지 기술이 사용되고 있다.

본 논문에서는 이러한 유비쿼터스 환경으로 가기 위한 핵심 기술인 사용자의 위치 검출을 위해서 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출을 제안하였다. 또한 리더의 재배치와 중간 태그를 이용해서 위치 검출 오차를 줄이는 방법을 제안하였다. 실험을 통한 결과로 본 논문에서 제안한 기술이 실제 위치 검출을 위한 하나의 방법으로 사용될 수 있음을 보였다. 또한 본 논문에서 제안한 리더 재배치와 중간 태그를 사용한 기술이 RFID 시스템을 이용한 위치 검출에서 오차를 줄이는 방법으로 사용될 수 있음을 보였다.

본 논문에서 제안한 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출이 실생활에 사용되기 위해서는 오차의 범위를 줄이는 방법과 실내에서 식별이 불가능했던 거리에 대해서 측정을 할 수 있는 방안을 생각해봐야 할 것이다. 이러한 방법을 위해서 가장 필요한 부분은 정확한 신호세기 값을 얻어내는 것이 필요하다. 본 방식에서 가장 오차에 영향을 미치는 부분이 리더와 태그 사이의 거리 측정에서 발생하기 때문에 5장에서 언급한 것처럼 리더의 출력을 조정하는 방법 대신에 수치화된 RSSI 값을 통해서 리더와 태그 사이의 거리를 좀 더 정확하게 계산하는 방법이 필요하다. 이렇게 RSSI 값이 제공된다면 본 실험에서 실행되지 못한 식별 불가능한 거리에 대한 실험도 실시할 수 있을 것이다.

또한 실내와 실외 환경에서 오는 오차의 차이를 극복하는 연구가 필요하다. 실외 환경에서 전파가 리더의 방향으로 나아갈 수 있도록 하는 안테나의 도입을 생각해 볼 수 있겠다. 본 논문에서 제안한 중간 태그를 이용해서 장애물에 의해서 발생하는 오차를 줄이는 방법은 중간 태그와 목표 태그가 장애물에 의해서 동일한 영향을 미치는 경우에만 적용될 수 있다. 따라서 추후 연구로써 각 위치에 따라 장애물이 미치는 영향을 조사하고 이에 맞추어 중간 태그를 사용한 방법을 보완할 필요가 있다.

본 논문에서는 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출을 위해서 433 MHz 대역의 능동형 RFID를 사용하였다. 또한 리더의 출력을 조정함으로써 리더와 태그 사이의 거리를 측정하고 이를 토대로 삼각측량을 수행하여 태그의 위치를 검출하였다. 검출된 위치와 실제 위치와의 거리에 대한 오차를 통해서 본 논문에서 제안한 방식이 위치 검출에 사용될 수 있는 기술임을 확인하였다. 장애물의 위치에 따른 중간 태그의 사용 방법을 연구하고 수치화된 RSSI 값을 통해서 정확한 위치 검출을 수행하는 시스템을 연구할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, Second Edition, John Wiley & Sons Ltd., 2003.
- [2] BSR INCITS 371.2, Real Time Locating Systems (RTLS) - Part 2: 433-MHz Air Interface Protocol, ANSI, 2003.
- [3] 차득기, GPS 측량일반, 성림, 2004
- [4] Roy Want, Andy Hopper, Veronica Falc~ao, Jonathan Gibbons, "The Active Badge Location System," ACM Transactions on Information Systems, Vol. 10, No. 1, 1992, pp.91 - 102.
- [5] Paramvir Bahl, Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," Proc. IEEE Infocom 2000, IEEE Press, Piscataway, N.J., 2000, pp.775-784.
- [6] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, Hari Balakrishnan, "The Cricket Location-Support System," In Proc. 6th ACM MOBICOM Conf., ACM Press, New York, 2000, pp.32-43
- [7] Andy Harter, Andy Hopper, Pete Steggles, Andy Ward, Paul Webster, "The Anatomy of a Context-Aware Application," Proc. 5th Ann. Int'l Conf. Mobile Computing and Networking (Mobicom 99), ACM Press, New

York, 1999, pp.59-68.

[8] Jeffrey Hightower, Gaetano Borriello, Roy Want “SpotON: An Indoor 3D Location Sensing Technology Based on RF Signal Strength” UW CSE 00-02-02, University of Washington, Department of Computer Science and Engineering, Seattle, WA (February 2000)

[9] Lionel M. Ni, Yunhao Liu, Yiu Cho Lau, Abhishek P. Patil “LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID”, Proc. 1st IEEE Int’l Conf. Pervasive Computing and Communication, IEEE CS Press, 2003, pp. 407-415.

[10] ISO/IEC 18000-2 Information Technology, Automatic Identification and Data Capture Techniques - RFID - for Item Management - Air Interface - Part2: Parameters for Air Interface Communications below 135 KHz 2004

[11] ISO/IEC 18000-3 Information Technology, Automatic Identification and Data Capture Techniques - RFID - for Item Management - Air Interface - Part3: Parameters for Air Interface Communications at 13.56 MHz 2004

[12] ISO/IEC 18000-4 Information Technology, Automatic Identification and Data Capture Techniques - RFID - for Item Management - Air Interface - Part4: Parameters for Air Interface Communications at 2.45 GHz 2004

[13] ISO/IEC 18000-6 Information Technology, Automatic Identification and Data Capture Techniques - RFID - for Item Management - Air Interface

- Part6: Parameters for Air Interface Communications at 860-960 MHz
2004

[14] ISO/IEC 18000-7 Information Technology, Automatic Identification and
Data Capture Techniques - RFID - for Item Management - Air Interface
- Part7: Parameters for Air Interface Communications 433 MHz 2004

[15] Hi-G-Tek web site, www.higteck.com

[16] 배상진, 최철웅, 강인준 “WGS-84 좌표계에 의한 수치지도 작성” 한국측
지학회지, 제 15권, 제 2호, 1997 pp. 269~275

[17] N. Bulusu, J. Heidemann, and D. Estrin, “GPS-less low-cost outdoor
localization for very small devices,” IEEE Personal Commun., vol. 7, Oct.
2000, pp. 28 - 34

국 문 초 록

위치 검출은 유비쿼터스 시대를 맞이해서 사용자의 위치를 찾아내 사용자가 원하는 장소에서 원하는 서비스를 받기 위해서 꼭 필요한 기술이다. 이러한 위치를 검출하기 위한 기술로 여러 가지 방식이 대두되고 있다. 이 중에서 RFID 시스템을 사용한 기술이 부각되고 있다. 본 논문에서는 이러한 RFID 시스템 중에서 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 사용해서 위치를 검출하는 방법을 제안하고 구현하였다.

본 논문에서는 제안한 방식대로 위치 검출을 수행해보고 그 결과를 토대로 제안한 방식이 실 생활에서 사용될 수 있는지 여부를 판별하고 또한 위치 검출에 대한 오차를 줄일 수 있는 방법으로 리더의 재배치와 중간 태그를 사용한 방법을 제시하였다. 리더의 재배치를 통해서 같은 인식거리 안에서 더 많은 곳의 좌표가 인식되도록 배치를 하고 중간 태그를 사용해서 리더와 태그 사이에 장애물이 존재할 경우에 장애물로 인한 태그와 리더 간 거리에서의 오차를 줄이도록 설계하였다.

본 논문에서는 433 MHz 대역의 능동형 RFID 태그를 이용한 위치 검출과 리더의 재배치, 중간 태그를 사용한 방법을 제시함으로써 유비쿼터스 시대에서 실내와 실외에 구별 없이 사용자의 정확한 위치를 검출할 수 있는 방안을 제시하였다.

수치화된 신호세기 값인 RSSI(Received Signal Strength Indication)를 통해서 리더와 태그 사이의 거리를 좀 더 정확하게 측정하고 중간 태그 개념을 확장시켜서 위치 검출에 따른 오차를 줄일 수 있을 것이다.

Abstract

Location detection is absolutely needed to find out user's location so user can get a right service in a right time. There are many techniques that can detect user's location. Especially RFID system is one of the main streams. In this paper we propose a location detection method using 433 MHz Active RFID tags.

And also we propose a reader's relocation for readers to sense more tags with a same power. Additionally, we propose a method that uses a mid tag which is located in the center of the system. If there are obstructions between readers and tags, they can affect the signal strength between them. Errors that were caused by those effects can be reduced by using a mid tag.

In this paper, we compared and tested those ideas so that Location detection method using 433 MHz active RFID tags can be used in a real life.

we can create more accurate location detection system expanding mid tags concept and using RSSI(Received Signal Strength Indication) which is numerical value of signal strength between RFID readers and RFID tags.