

RFID 를 이용한 이동로봇의 위치인식기술

Localization of Mobile Robot Based on Radio Frequency Identification Devices

이 현 정, 최 규 천, 이 민 철, 이 장 명*

(Hyun-Jeong Lee, Kyu-Cheon Choi, Min-Cheol Lee, and Jang-Myung Lee)

Abstract : Ubiquitous location based services, offer helpful services anytime and anywhere by using real-time location information of objects based on ubiquitous network. Particularly, autonomous mobile robots can be a solution for various applications related to ubiquitous location based services, e.g. in hospitals, for cleaning, at airports or railway stations. However, a meaningful and still unsolved problem for most applications is to develop a robust and cheap positioning system. A typical example of position measurements is dead reckoning that is well known for providing a good short-term accuracy, being inexpensive and allowing very high sampling rates. However, the measurement always has some accumulated errors because the fundamental idea of dead reckoning is the integration of incremental motion information over time. The other hand, a localization system using RFID offers absolute position of robots regardless of elapsed time. We construct an absolute positioning system based on RFID and investigate how localization technique can be enhanced by RFID through experiment to measure the location of a mobile robot. Tags are placed on the floor at 5cm intervals in the shape of square in an arbitrary space and the accuracy of position measurement is investigated. To reduce the error and the variation of error, a weighting function based on Gaussian function is used. Different weighting values are applied to position data of tags since weighting values follow Gaussian function.

Keywords : RFID, mobile robot, localization, weighted average.

1. 서론

최근 시간과 장소에 무관하게 사람과 사물의 위치인식 및 주변 상황인식을 가능하게 하는 유비쿼터스(ubiquitous) 네트워크에 대한 기술개발이 활발하게 이뤄지고 있다. 특히 언제 어디서나 사람, 사물과 같은 객체의 위치를 인식하고, 이를 기반으로 유용한 서비스를 제공하는 유비쿼터스 위치기반 서비스(ubiquitous location based services)가 중요한 서비스로 대두되고 있다. 위치인식 서비스는 물류 자동화, 보안, 산업 자동화 및 제어 등에서 활용성이 높게 평가되고 있으며 이러한 서비스 제공을 위해 사람, 사물, 로봇 등의 절대위치인식 시스템의 개발이 필수적이다.

서비스 로봇은 가정 혹은 병원과 같은 공공장소에서 다양한 역할로 응용되고 있다. 그러나 강인하면서 저렴한 절대위치인식시스템개발은 로봇 시스템에 있어 여전히 해결되지 않은 문제 중의 하나이다. 로봇을 위한 위치인식시스템은 엔코더 및 항법시스템과 영상 등과 같은 상대적인 위치계측법을 이용해 보다 정확한 절대위치인식이 가능하도록 개발되어 왔다. 상대적 위치 계측법의 하나로 잘 알려진 추측항법(dead reckoning) 시스템은 저가이면서 높은 샘플링 속도를 가지며 짧은 구간에 대해 우수한 정확도를 보이는 장점을 갖는다. 그러나 추측항법의 기본원리는 결국 시간에 따른 자세 정보의 적분으로, 오차의 누적은 불가피하며 이로써 현재 방

향, 이동 거리 등의 자세에 대한 정확한 정보를 얻는 것은 불가능하다. 특히 방향각 오차의 누적은 시간이 지남에 따라 무한히 큰 위치오차를 야기할 수 있다[1-3]. 이러한 누적오차 문제를 해결하기 위해 적외선, 초음파, 레이저 등의 센서를 이용한 절대위치인식기술들이 연구되어왔다[3]. 적외선을 이용한 active badge system은 건물 내 전역에 걸쳐 사람들의 위치를 파악하고자 하는 시스템으로 통신거리가 제한적이며, 태양광 등과 같은 외부 환경에 의해 성능이 크게 좌우된다는 문제가 있다. 초음파센서를 활용한 active beacon system은 비교적 높은 계측 정확도와 저전력 소비라는 장점이 있지만 송신부와 수신부 사이의 장애물, 외부 온도, 소음 등에 영향을 받아 계측오차가 커지는 단점이 있다. 보다 정밀하고 강인한 위치인식시스템 개발을 위해 레이저센서를 활용한 연구들이 소개되었다. 레이저센서 기반의 절대위치인식시스템은 긴 경로에 대해서도 높은 정확도를 가지지만 비싼 가격으로 아직 폭넓은 응용분야에는 사용되지 못하고 있다. 이에 반해 RFID는 비교적 저렴한 비용으로 시스템구축이 가능하며 온도, 빛 등의 외부 환경 변화에 대한 강인성을 가진다는 장점이 있다.

본 논문에서는 RFID 기반의 위치인식시스템을 구성하고 계측실험을 통해 로봇의 절대위치인식에 있어 얼마나 효용성이 있는가에 대해 조사한다. RFID는 데이터저장이 가능한 태그(tag), 태그에 데이터를 쓰기/읽기가 가능한 리더기(reader)와 리더기와 태그 사이의 신호전달을 위해 RF field를 형성하는 안테나(antenna)로 구성된다. RFID 기반의 위치인식시스템을 구현하기 위해 각 태그에 태그가 놓일 절대위치정보를 저장하고 정확한 위치에 일정한 간격으로 바닥 면에 배열한다. 로봇에 리더기와 안테나를 부착하여 로봇이 특정위치의 태그를 지날 때 태그의 위치정보를 읽음으로써 로봇의 절대위치를 계측한다. 이때 계측오차는 리더기가 태그를 인식할 수

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 9. 15., 채택확정 : 2005. 10. 25.

이현정, 최규천 : 부산대학교 지능기계공학과

(lhjeong@pnu.edu/kcmanse@hanmail.net)

이민철 : 부산대학교 기계공학부(mcllee@pnu.edu)

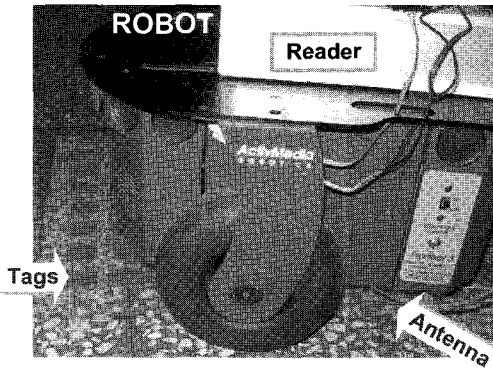
이장명 : 부산대학교 전자전기통신공학부(jmlee@pnu.edu)

※ 본 연구는 정보통신부 대학 IT연구센터 육성, 지원사업의 연구결과로 수행되었음.

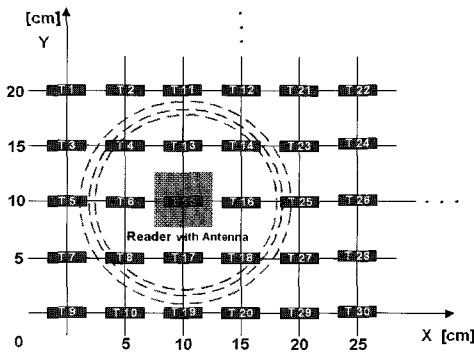
표 1. RFID 시스템 사양.

Table 1. Specification of the RFID system.

	Size[cm]	Standard	Detection range
13.56Mhz Reader module	10×16	ISO15693	Max. 18cm
PCB type Antenna	10×10		
Epoxy type Tag (2Kbits Memory)	3×4		
RS232 Serial Interface			



(a)



(b)

그림 1. 리더기와 안테나를 장착한 이동로봇 (a)과 태그배열 (b).

Fig. 1. The mobile robot with a reader and an antenna (a) and tags' arrangement (b).

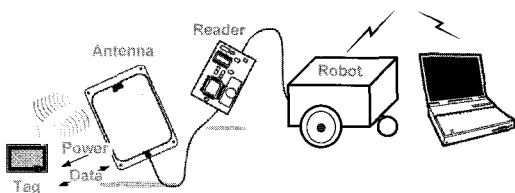


그림 2. RFID 시스템 동작 구성도.

Fig. 2. Operation of the RFID system.

있는 인식범위(detection range)에 따라 달라질 수 있으며, 태그의 배열 방식, 계측 알고리즘, 금속성 물질 등의 주변환경 등에 따라 달라질 수 있다. 인식범위의 경계에 태그가 놓일 경우, 때에 따라 인식여부가 달라질 수 있으므로 계측오차범위

또한 달라지게 된다. 오차를 줄이면서 동시에 오차의 변화량을 감소시키기 위해 본 연구에서는 가우시안 함수(gaussian function)를 따르는 가중함수(weighting function)에 기반한 가중평균법(weighted average method)을 사용한다. 로봇이 임의의 위치에 있을 때 읽혀지는 태그 데이터들에 대해 가중평균법을 적용하여 로봇의 위치를 계측한다.

II. RFID 시스템 구성

RFID 시스템의 각 구성요소에 대한 사양이 표 1에 보여진다. 13.56Mhz를 사용하는 리더기와 평방 10[cm] 크기의 PCB 타입 안테나 및 2Kbits의 데이터 저장이 가능한 에폭시(epoxy) 타입의 태그가 사용된다. 그림 1과 같이 리더기와 안테나는 각각 로봇의 상판과 하부에 부착되며, 이 때 리더기와 안테나는 아날로그 신호를 주고받으므로 유선케이블로 연결된다.

로봇에 부착된 안테나는 바닥에서 약 6[cm]정도의 높이에 있다. 태그들은 그림 1(b)와 같이 로봇이 이동할 바닥 면에 일정 간격으로 배치된다. 그림 1(b)에서 X, Y는 절대공간좌표이며 단위는 [cm]이다. 이동로봇은 두 바퀴 각각에 엔코더를 내장하고 있으며 장애물 검출에 사용되는 초음파센서를 전방부와 후두부에 8조씩 장착하고 있다. 이동로봇의 주 제어기와 리더기는 사용자 컴퓨터와 시리얼 무선통신으로 연결되어 있다. 컴퓨터는 리더기로부터 태그의 정보를 얻어 현재 로봇의 위치를 계측함과 동시에 로봇 제어기로 이동경로를 실시간으로 전달한다. 그림 2는 기본적인 RFID 시스템의 동작원리를 보여준다. 실험에서 사용된 M300-2G 리더기는 RF 신호 송신부 및 수신부, 최대 115200bps 통신속도를 지원하는 RS232시리얼 인터페이스를 포함한다.

리더기가 안테나를 통해 RF 신호를 방출하면 신호의 영향을 받은 태그들은 전력을 얻게 된다. 이렇게 활성화된 태그의 메모리 영역으로 리더기가 접근할 수 있게 되며, 고유 프로토콜에 기반하여 태그에 데이터를 쓰고 읽기가 가능해진다. 태그는 40bytes의 메모리 영역을 가지고 있으며, 전력 제어부, A/D 변환기, 보안관리장치 등을 포함한다.

III. RFID 기반의 위치인식

대부분의 이동로봇은 엔코더, 관성항법 장치, 영상시스템과 같은 상대적인 항법 시스템을 이용해 위치를 인식한다. 그러나 이러한 상대적 계측 시스템은 이동거리 증가, 이동경로의 불규칙한 노면상태, 장애물과의 충돌 등 여러 가지 요소에 의해 발생하는 오차를 누적하게 된다. 엔코더의 경우 바퀴의 미끄럼 현상, 로봇의 기구학적 불균형 등의 이유로 오차가 증가된다[2]. 이러한 문제를 해결하기 위해 절대위치 인식시스템의 개발이 요구되며 현재까지 널리 연구되어 왔다. 몇 연구기관에서 레이저센서를 사용한 절대위치인식 시스템에 관한 연구가 소개되었다. 레이저 센서를 사용할 경우 매우 정확한 위치계측이 가능하지만 그 활용범위가 제한적이며, 센서가 고가라는 단점으로 널리 활용되지는 못하고 있다. 반면 RFID는 비교적 저렴한 구축비용으로 절대위치인식을 가능하게 한다[4-9].

RFID기반의 위치인식실험을 하기 위해 로봇이 이동할 경로의 바닥 면에 바둑판 모양으로 5[cm]간격마다 태그를 배치

하였다. 배열된 태그 각각에는 부착된 위치의 절대좌표가 칩의 메모리에 저장되어있다. 로봇이 임의의 태그 위에 있으면 로봇의 하부에 장착된 안테나에 의해 형성된 RF신호를 받은 태그는 전력을 얻어 활성화된다. 안테나는 로봇에 부착된 상태로 지면에서 6[cm]높이에 있으며 이때 바닥의 태그들을 인식할 수 있는 영역의 범위는 그림 3과 같이 안테나 중심에서 지면에 수선을 내렸을 때 지면에서 만나는 점을 중심으로 최대반경 8[cm]인 원을 형성한다고 볼 수 있다. 이 영역 이내에 있는 태그들은 모두 활성화되며 이 태그들의 데이터를 순차적으로 모두 읽기 위해 그림 4와 같은 절차가 요구된다. 위치인식이 시작되면 리더기는 인식되는 태그가 있는지 조사한다. 리더기는 가장 우선적으로 들어오는 태그의 신호만을 인식하므로 RF신호 영역 내에 태그가 하나이상 있을 경우에도 우선적으로 신호가 전달된 한 태그의 정보만 반복해서 읽게 된다. 인식영역 내에 있는 다른 태그들의 데이터도 모두 받기 위해 우선 인식된 태그의 데이터를 PC에 저장한 후 이 태그의 신호를 일시적으로 중지시킨다. 그러면 리더기는 다음순서로 인식되는 태그의 정보를 읽을 수 있으며, 이 절차를 한번 형성된 RF field 영역 내에 더 이상 인식되는 태그가 없을 때까지 반복한다. 태그의 정보를 모두 저장하고 더 이상 새로운 태그가 인식되지 않으면 RF field를 초기화함으로써 태그들의 신호중지상태를 해제한다. 로봇의 위치는 RF field를 초기화하기 전 수집된 태그들의 위치데이터를 기

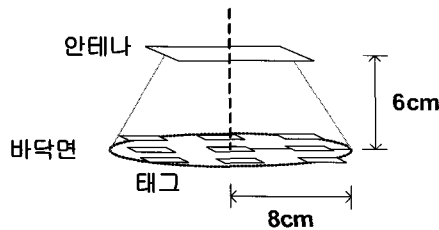


그림 3. 안테나의 인식영역.
Fig. 3. Detection range of an antenna.

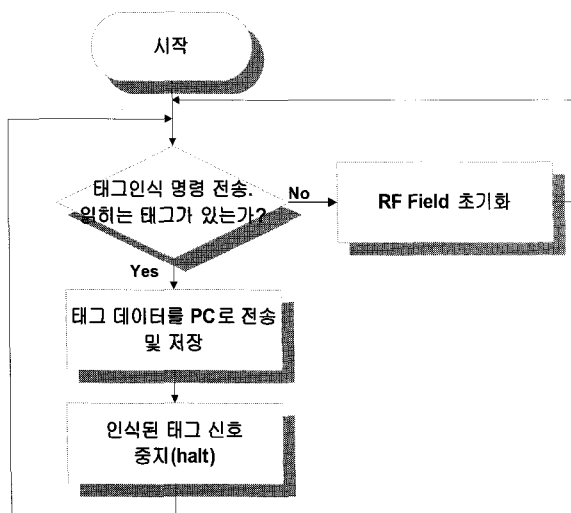


그림 4. 인식영역 내 태그들의 데이터 수집절차.
Fig. 4. Procedure for gathering data of tags in RF field.

반으로 계산된다. 로봇이 이동하는 동안 이 과정을 반복함으로써 로봇의 위치를 실시간으로 계속할 수 있게 된다.

RFID의 리더기는 태그의 존재여부만을 확인할 수 있으므로 리더기의 인식범위 내에 놓인 태그의 좌표 값을 통해 로봇의 위치를 결정하는 것은 리더기 인식범위만큼의 오차를 발생시킬 수 있다. 즉, 현 시스템에서 리더기의 인식영역 내에 태그가 한 개 존재한다면 최대 8[cm]의 오차가 발생할 수 있다. 이러한 오차를 줄이기 위해 바닥에 격자형태로 태그를 배열하여 한 제어주기 내에 인식된 여러 개의 태그 좌표에 대한 평균값을 이용하면 보다 정확한 로봇의 위치를 계속할 수 있다. 그러나 평균값 계산을 통한 위치계측 실험결과, 인식영역의 경계에 놓인 태그의 인식여부에 따라 동일한 위치에서도 최대 5[cm]까지 위치 값이 변하는 현상이 발생하였다. 본 연구에서는 보다 신뢰성 있는 로봇 위치를 계산하기 위해 가우시안 함수에 기반 한 가중평균법을 사용한다. 실제 실험결과 상에서도 가중평균법의 경우 같은 위치에서 연속으로 계측한 결과의 변화폭이 1[cm] 이내로 안정적으로 나타났다. 가중평균을 구하기 위해 태그 좌표 값 각각의 가중치는 식 (1), (2)에 의해 계산된다. 한 RF field 내에 인식된 N개의 태그들의 위치 좌표는 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3) \dots (x_N, y_N)$ 과 같이 표현된다.

$$w_{xi} = e^{-\frac{(x_i - X_c)^2}{2\sigma_x^2}}, \sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - X_c)^2}{N} \quad (1)$$

$$w_{yi} = e^{-\frac{(y_i - Y_c)^2}{2\sigma_y^2}}, \sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - Y_c)^2}{N} \quad (2)$$

X_c, Y_c 는 가우시안 함수의 중심 값으로 이 값에 가까울수록 큰 가중치를 갖게 된다. RF 신호는 주변환경의 금속성분이나 안테나의 기울여진 정도, 지면 상태 등에 따라 인식영역이 한쪽 방향으로 치우치는 현상이 발생할 수 있다. 실제로 본 연구에서 구성한 실험환경에서는 절대좌표계에서 X, Y가 증가하는 방향의 신호영역이 축소되는 것과 같은 현상이 있었다. 그래서 X_c, Y_c 을 수집된 각 축 위치데이터들 중 가장 큰 값으로 설정하였다. X, Y축에 대해 N개씩의 가중치를 계산한 후 이에 대응하는 위치좌표 값과 곱하여 모두 합하는 연산을 통하여 로봇의 위치를 결정한다. 연산과정은 (3)-(6)에 보여진다.

$$W_{xi} = \frac{w_{xi}}{\sum_{i=1}^N w_{xi}} \quad (3)$$

$$W_{yi} = \frac{w_{yi}}{\sum_{i=1}^N w_{yi}} \quad (4)$$

$$X = \sum_{i=1}^N W_{xi} x_i \quad (5)$$

$$Y = \sum_{i=1}^N W_{yi} y_i \quad (6)$$

IV. 실험 및 결과

실험은 평균법과 가중평균법 두 가지 방법에 의해 수행된다. 실험환경은 그림 5에 보여지는 것과 같이 바닥에 태그를 배열하여 로봇이 정지해있거나 이동하는 동안 위치를 측정할 수 있도록 하였다. 그림 6은 로봇의 위치계측을 위해 개발된 소프트웨어 실행화면의 일부로 계측된 결과를 컴퓨터 모니터상에서 확인하기 위해 구성되었다. 위치계측의 절차가 그림 7에 보여진다. RF field 영역 내의 태그들 중 가장 먼저 신호가 인식되는 태그 정보를 읽고 저장한 후 다음 태그 신호를 받기 위해 그 태그의 RF신호를 중지시킨다. 한번 형성된 RF field 영역 내의 모든 태그들을 위와 같은 방법으로 인식하여 그 좌표 값들을 저장한다. 저장된 N개의 좌표 값들 각각에 대응하는 가중치를 구하고 가중평균을 계산하여 안테나의 중심위치 즉, 로봇의 위치를 추정한다. 한 계측주기 내의 계산이 끝나면 RF field를 초기화함으로써 신호가 정지되어있는 태그들의 RF신호를 다시 발생시킨다. 계측주기마다 이러한 과정을 반복하여 실시간으로 위치를 계측한다. 표 2는 정적인 상태에서 평균법과 가중평균법에 의한 계측정확도를 비교하여 보여준다.

로봇이 정적으로 특정 위치에 있을 때 총 15초 동안 500[msec] 간격으로 위치계측을 수행한 결과가 그림 8-11의 그래프에 보여진다. 평균법과 가중평균법 두 가지 경우 모두 위치오차는 5[cm] 이하로 계측되었고 경우에 따라서는 평균법을 사용할 때 더 정확한 결과가 나오기도 하였다. 그러나 평균법의 경우 최대 오차 크기가 4.982로 가중평균법 사용 경우의 최대 오차 크기 2.754에 비해 약 1.8배 크게 나타났으며, 또한 같은 위치에서도 인식영역의 경계에 있는 태그들이 읽히는 경우와 읽히지 않는 경우에 따라 계측결과의 변화가 최대 약 5[cm]로 크게 나타났다. 반면 가중평균법의 경우 이러한 영향이 비교적 감소됨으로써 변화폭이 1[cm] 이내로 나타났다. 가중평균법은 평균법에 의한 계측보다 신뢰성 있는 위치정보를 제공할 수 있다. 그림 12는 로봇이 이동 하는 모습과 컴퓨터 화면상에 표시되는 실시간 계측 결과를 보여준다. 전체 면적 35× 50[cm]의 바닥에 5[cm] 간격으로 태그가 배치되었으며 계측 값이 표시되는 우측영상의 격자 한 칸 실

제 거리는 10[cm]이다. 무선통신 사용에 따른 통신속도 저하로 인해 로봇의 최대 이동속도는 0.2[m/sec]로 낮게 설정하였다. 로봇의 이동위치 제어신호 전송주기는 500 [msec]이며, 모터 제어주기는 5[msec]이다. 로봇이 원점을 지나 태그 배열을 가로질러 이동하는 동안 실시간으로 계측된 로봇의 위치는 그림 12의 (a)일 때 (13, 7), (b)일 때 (20, 15), (c)일 때 (34, 32)로 나타났다. 태그 배열 상에서 로봇이 최종적으로 지나간 위치는 (35, 30)이고 계측 결과는 (34, 32)로 약 2.2[cm]의 거리오차를 보였다.

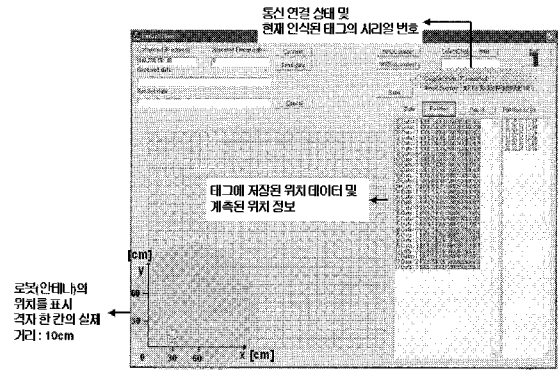


그림 6. 로봇 위치계측결과.
Fig. 6. Results of measurement.

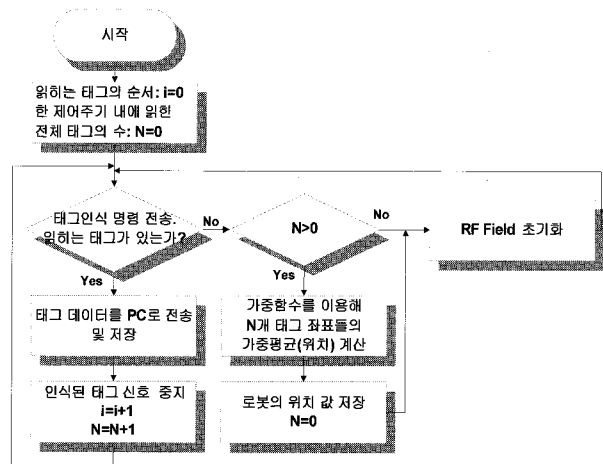


그림 7. 위치계측 순서도.
Fig. 7. Flowchart of measurement.

표 2. 위치계측 최대오차.

Table 2. Maximum error of measurement.

Position	Maximum Error of Measurement [cm]		
		Average	Weighted average
at point (10, 10)	X	-4.982	-2.754
	Y	1.276	0.486
at point (15, 15)	X	-1.132	1.675
	Y	-3.724	-2.138

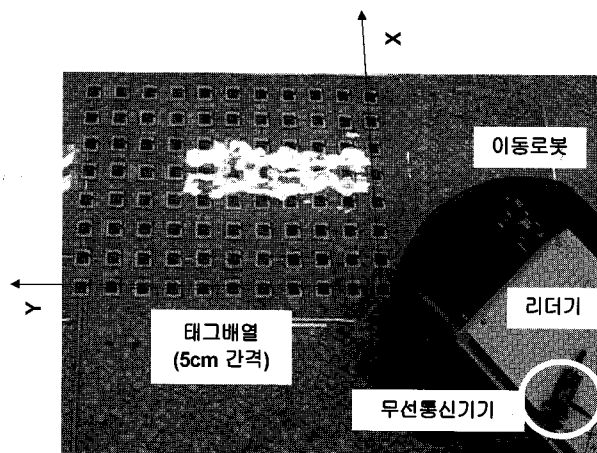


그림 5. 위치인식 실험환경.
Fig. 5. Environment of experiment.

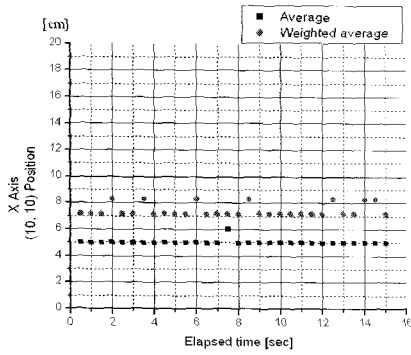


그림 8. 로봇이 (10, 10)에 있을 때 측정된 X축 좌표 값.
Fig. 8. X axis data measured when the robot is at (10, 10).

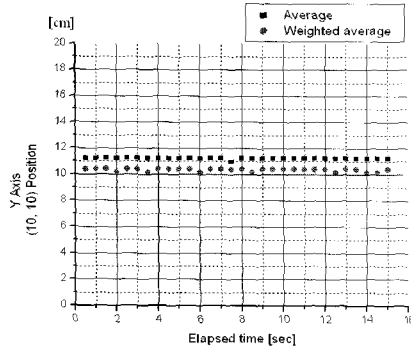


그림 9. 로봇이 (10, 10)에 있을 때 측정된 Y축 좌표 값.
Fig. 9. Y axis data measured when the robot is at (10, 10).

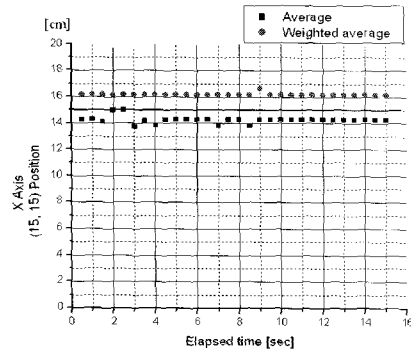


그림 10. 로봇이 (15, 15)에 있을 때 측정된 X축 좌표 값.
Fig. 10. X axis data measured when the robot is at (15, 15).

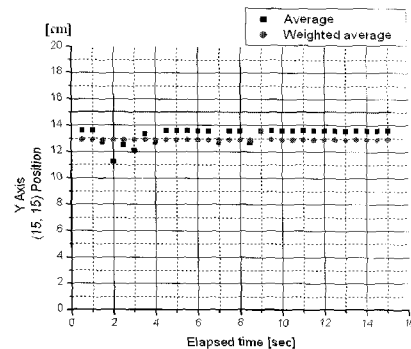
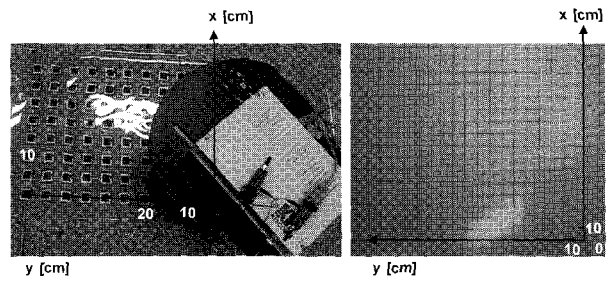
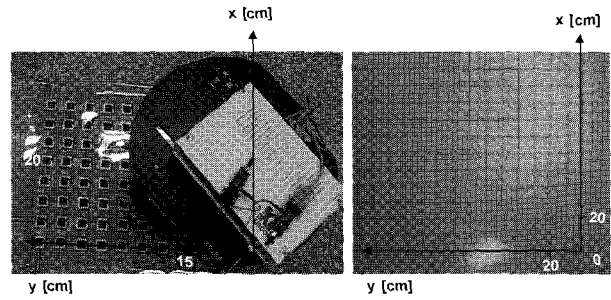


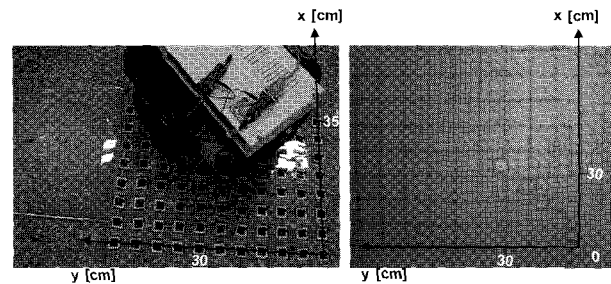
그림 11. 로봇이 (15, 15)에 있을 때 측정된 Y축 좌표 값.
Fig. 11. Y axis data measured when the robot is at (15, 15).



(a)



(b)



(c)

그림 12. 이동 중인 로봇과 실시간 측정 결과.
Fig. 12. Moving robot and position measurement.

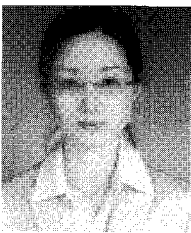
V. 결론

본 연구에서는 RFID를 이용해 이동로봇의 위치인식시스템을 구성하고 위치계측실험을 수행하였다. 이동로봇의 위치는 일정간격으로 지면에 부착된 태그들로부터 수집한 태그의 위치정보를 기반으로 가중평균법에 의해 계산되었다. 태그를 5[cm] 간격으로 배치하여 실험하였을 때 측정 오차는 3[cm] 이내로 나타났으며 몇 가지 실험을 통해 RFID기반의 절대위치인식시스템의 정확도를 확인하였다. 그러나 현 시스템에서는 로봇의 방향각이 엔코더에 의해서 측정되므로 그 누적오차를 해결하지 못하는 문제점이 있다. 향후 과제으로써 로봇의 방향계측이 가능한 위치인식시스템 개발이 요구된다. RFID기반의 절대위치인식시스템은 많은 수의 태그를 요구하고 또한 모든 환경에 적용되기에는 제약이 따르므로 특정 위치에서 상대적 항법시스템의 계측오차를 보정하는 방향으로도 활용될 수 있다.

참고문헌

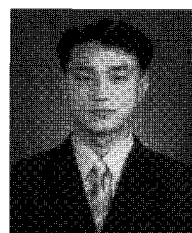
[1] O. Kubitz, M. O. Berger, M. Pertlick, and R. Dumoulin, "Application of radio frequency identification devices to support

- navigation of autonomous mobile robots," *Vehicular Technology Conference, IEEE 47th*, vol. 1, pp. 126-130, 1997.
- [2] 정인수, 조형석, "2차원 거리 정보와 테드렉콘 정보에 의한 이동로봇의 자기 위치추정, 대한기계학회논문집, 제 23권 제8호, pp. 1277-1288, 1999.
- [3] D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose, "Mapping and localization with RFID technology," *Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, vol. 1, pp. 1015-1020, 2004.
- [4] J. Borenstein and L. Feng, "Measurement and corrections of systematic odometry errors in mobile robots," *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 12, no. 6, pp. 869-880, 1996.
- [5] J. J. Leonard and H. J. S. Feder, "A computationally efficient method for large-scale concurrent mapping and localization," *Proc of the Ninth Int. Sym. on Robotics Research (ISRR)*, 1999.
- [6] K. Finkenzeller. *RFID Handbook: Radio-Frequency Identification Fundamentals and Applications*. John Wiley & Sons, 2000.
- [7] H. Choset and K. Nagatani, "Topological SLAM toward exact localization without explicit localization," *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, vol. 17, no. 2, pp. 125-137, 2001.
- [8] G. Kantor and S. Singh. "Preliminary results in range only localization and mapping" *In Proceedings of ICRA 2002*, pp. 1819-1825, 2002.
- [9] A. Batalin and S. Sukhatme, "Mobile robot navigation using a sensor network," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 636-642, 2003.



이 현 정

2002년 인제대학교 전자공학과 졸업.
2004년 부산대학교 지능기계공학과 대학원 공학석사. 2004년~현재 부산대학교 지능기계공학과 박사과정. 관심분야는 이동로봇, 머신비전, 지능제어, 메카트로닉스.



최 규 원

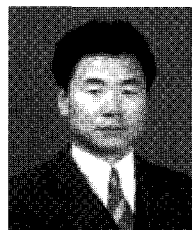
2004년 부산대학교 기계공학부 졸업.
2004년~현재 부산대학교 지능기계공학과 석사과정. 관심분야는 이족보행로봇, 이동로봇, 지능제어, 메카트로닉스.



이 민 철

1983년 부산대학교 기계공학과 졸업.
1988년 일본 쓰쿠바 대학교 이공학 연구과 공학석사. 1991년 동대학 물리공학 연구과 공학박사. 2000년 8월~2001년 8월 노스캐롤라이나 주립대학(NCSU) 방문교수. 1991년~현재 부산대학교 기계공

학부 교수. 관심분야는 시스템 규명, 로봇제어, 지능형 서비스로봇, 이족보행로봇, 메카트로닉스.



이 장 명

1957년 11월 22일생. 1980년 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1982년 서울대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1990년 University of Southern California 전자공학과(공학박사). 1992년~현재 부산대학교 전자전기통신공학부 교수. 관심

분야는 로보틱스, 지능제어, 시스템설계 및 제어.