Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 18, No. 1 pp. 425-430, 2017

https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.1.425
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

RFID를 이용한 개선된 실내 위치 추적

주원이, 김효선, 정영아, 홍연찬*
인천대학교 전자공학과

Advanced Indoor Location Tracking Using RFID

Won-lee Joo, Hyo-Sun Kim, Yeong-Ah Jung, Yeon-Chan Hong*
Department of Electronic Engineering, Incheon National University

요 약 RFID는 무선 주파수를 이용하여 사물 또는 사람에 부착된 태그의 정보를 읽어내는 기술이다. 비접촉 방식으로 위치를 추적하는 RFID 시스템에서 태그를 이용하여 위치를 추적할 때 실제의 위치와 측정된 위치 간의 오차가 발생한다. 본 논문에서는 RFID 기술을 통한 사물 또는 사람의 위치를 파악하는 방법에 있어 3가지 방법을 제안한다. RFID기반의 위치 인식 시스템을 구성하고 태그(tag)들을 정사각형 형태로 배치한다. 리더(reader)를 보유한 물체의 실제위치와 실험을 통해 예상되는 물체의 위치를 비교하여 오차를 확인한다.
기존 논문에서는 리더에 읽힌 모든 tag들의 무게중심 값을 구하여 리더의 대략적인 위치를 구하였다면 본 논문에서는 중점과 방사원의 형태를 이용하여 예상위치를 구하는 3가지 방법을 추가적으로 제시하는데 첫 번째는 중간 값을 사용한 방법, 두 번째는 방사 형태를 사용한 방법, 세 번째는 원과 중간 값을 절충한 방법을 사용하였다. 데이터를 통해 본 논문에서 제안된 4가지 방법 중 어떤 방법이 거리의 오차가 적어 실제 위치를 추적하는 데에 효율적인지 확인하고자 한다.
그 결과 방사형태, 중앙 값, 그리고 방사형태와 중앙 값 두 가지를 모두 이용한 방법 중 중앙 값 만을 이용한 계산 방법이 가장 적은 오차가 발생하였다.

Abstract RFID is a technology that uses radio frequency to read information in tags attached to objects or people. Because it reads the information without contact when tracking the location using tags in a RFID system, there can be errors between the actual position and measured position. In this paper, three methods (the method of radiation pattern, the method of the median value, and the method using both the radiation pattern and median value) are proposed to identify the location of objects or people using the RFID technique. The location identification system based on RFID was constructed and tags were arranged in a square pattern. The real location and experimentally predicted location of an object containing a reader were compared to confirm the error. Instead of the existing papers that obtained the approximately location of a reader by calculating the center of gravity of all tags read by that reader, in this study, the predicted location was obtained by the median value and the radiation pattern. This study validated which method was the most efficient among the three methods proposed in this paper through the data of the read tags. As a result, the method of the median value had the smallest error among those assessed.

Keywords : RFID, tag, indoor location, Median value, Radiation pattern.

1. 서론

실외에서 물체나 사람의 위치를 인식하는 방법으로 보편적으로 GPS기술이 사용되어지고 있다. GPS는 매우 효율적으로 위치를 감지하지만 실내에서의 활용이 어렵기 때문에 그에 따라 실내에서 물체의 위치 측정에 관한

이 논문은 인천대학교 2016년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.
*Corresponding Author : Yeon-chan Hong(Incheon Univ.)
Tel: +82-32-835-8449 email: ychong@inu.ac.kr
Received November 7, 2016 Revised (1st December 21, 2016, 2nd January 5, 2017)
Accepted January 6, 2017 Published January 31, 2017

연구가 활발히 진행되고 있다[1].

실내 위치 추적을 위한 매체로 RFID의 사용이 대두되었다. RFID와 다른 유사매체와 비교해 보면 그 특징을 확연히 알 수 있다. 다른 유사 인식 매체별 인식 기술을 비교해보면 인식방법에서는 RFID는 비접촉식으로 바코드에 비해 인식속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 또한, 바코드의 인식거리는 최대 50cm 인데 반해, RFIF는 최대 100m까지 확장이 가능하며, 금속을 제외한 장애물의 투과도 가능하다. 인식률에 있어서도 자기카드나 IC 카드와 마찬가지로 99.9% 이상으로 높으며, 사용기간 및 데이터 저장 능력 또한 여타 매체에 비하여 탁월하다[2].

미국과 영국은 20년간 지속적으로 실내 위치 인식 시스템에 관한 연구를 진행하였으며 많은 연구 결과를 발표하였다. 실내 위치 인식 시스템은 실내의 위치를 예측하거나 측정하는 방식이기 때문에 오차의 누적과 주변 신호 노이즈에 의한 신호측정 오차가 발생한다. 지속적인 연구 발전은 이러한 문제점을 개선하여 실내 위치 인식 시스템의 정확도를 높은 수준으로 발전시켰다.[3]

본 논문에서는 보다 효율적으로 위치를 추적할 수 있는 RFID기술을 사용하여 제안한 4가지 방법 중 어떤 방법으로 실험을 수행하였을 때에 가장 거리의 오차가 적어 효율적인지 알아보도록 하였다. 실험에서 RFID기반의 위치 인식 시스템을 구성하고 태그(tag)들을 배치하고 리더(reader)를 보유한 물체의 실제위치와 실험을 통해 예상되는 리더기의 위치를 비교하여 위치의 오차를 확인한다.[4]

참고한 기존논문의 실험내용은 태그(tag)들을 정사각형, 마름모, 직사각형 형태로 배치하여 어떻게 배치하였을 때 가장 작은 오차를 보이는 배치형태를 확인하는 것이었고 실험결과 정사각형 배치형태가 오차가 가장 작게 나오는 것을 확인 하였다.[2]

따라서 본 논문에서는 오차가 가장 작은 정사각형 배치를 실험의 기본 조건으로 설정하였다.

리더기의 예상 위치를 구하기 위해서 무게 중심 계산 방법, 본 논문에서 제안한 방사 형태, 중앙 값, 방사 형태와 중앙값을 함께 이용한 4가지의 계산방법을 사용한다.

각각의 계산방법은 다음 장에서 설명한다. 이 방법들을 통해 구한 오차들의 평균을 비교하여 어떤 방법이 가장 효율적인지 확인한다.

2. 위치계산방법

2.1 무게중심을 이용한 방법

예상되는 위치를 계산하기 위해 무게중심을 이용하는 방법이 있다. 안테나에 읽힌 태그들만을 고려하여 무게중심 값을 구하면 안테나의 위치에 가장 근접한 좌표가 나오게 된다[2][5].

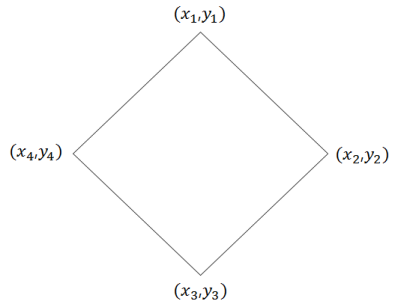

Fig. 1. Calculation method of center of gravity.

무게중심이란 물체가 균형을 이루는 내부의 한 점이라고 말할 수 있다. n각형에서 n개의 꼭짓점의 좌표가 주어졌을 때의 무게중심 좌표는

$$G=(\frac{x_1+x_2+\cdots+x_n}{n},\frac{y_1+y_2+\cdots+y_n}{n}) \quad (1)$$

이고 FIg. 1과 같이 4각형의 무게중심 좌표는

$$G=(\frac{x_1+x_2+x_3+x_4}{4},\frac{y_1+y_2+y_3+y_4}{4}) \quad (2)$$

이 된다.

기존 논문에서는 안테나에 읽힌 모든 tag들의 무게중심 값을 구하여 안테나의 대략적인 위치를 구하였다면 본 논문에서는 중점과 방사원의 형태를 이용하여 예상위치를 구한다[2].

태그와 리더기의 위치를 직각으로 만나는 두 좌표축 x,y를 사용하여 태그들의 위치를 좌표화 하였다. x축 방향으로 x번째의 태그를 x, 또 y축 방향으로 y번째 태그를 y라고 하였을 때 태그의 위치를 (x, y)로 나타낸다. 예를 들면 (5,7)으로 표현된 좌표는 x축 방향으로 5번째, y축 방향으로 7번째에 위치한 태그를 나타낸다.

2.2 방사 형태를 이용한 계산 방법

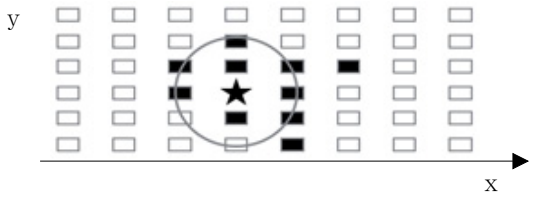

Fig. 2. Assignment method of virtual radiation pattern.

위 Fig. 2의 48개의 사각형 심볼은 배치된 태그들을 나타낸다. 검정 사각형은 배치된 태그들 중 리더기에 감지된 태그들을 표시한 것이며, 하얀 사각형은 리더기에 감지되지 않은 태그들이다. 또한 별표는 실험에서의 리더기의 위치를 나타낸다. 이는 나머지 그림에서도 동일하다.

리더기의 위치가 태그들을 좌표화한 좌표 상에서 Fig. 2의 별모양과 같이 (4,3)의 위치에 있다고 하자. 이때 리더기로부터 읽혀진 태그들의 좌표를 확인한다. 그리고 Fig. 2와 같이 리더기를 중심으로 하는 가상의 원을 그린다. 이때 이 원은 태그들을 최대한으로 포함시키는 타원 혹은 원의 형태를 가진다. 이렇게 원 안에 포함 된 태그들만의 좌표 값을 앞에서 언급한 무게중심을 구하는 식에 대입하여 그 값을 계산한다. 그 결과 리더기의 예상 위치의 좌표 값이 나오게 된다.

2.3 중앙 값을 이용한 방법

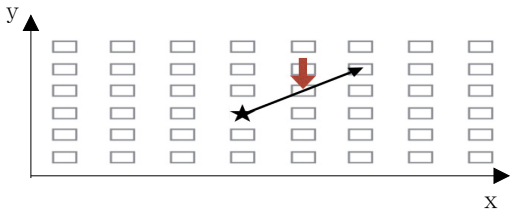

Fig. 3. Method of obtaining the median value.

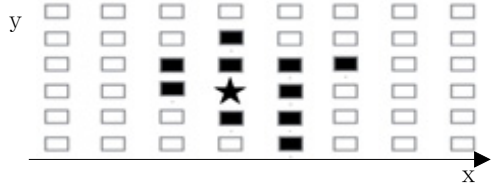

Fig. 4. Reader position and read tags.

Fig.4와 같이 리더기의 위치가 좌표 상 (4,3)에 있다고 하자. 만약 (4,3)을 기준으로 (4,5)의 태그가 읽혔다면, 기준이 (4,3)에 위치한 리더와 읽힌 태그(4,5)의 중앙 값은 (4,4)가 된다. 즉 같은 방향에 놓여있는 태그들은 인식된 태그들 중에서 끝의 태그만을 적용한다. 이 방식을 Fig. 4의 태그들에 적용하면 Fig. 5와 같은 중점 값들이 나오게 된다. 이와 같은 모든 방향에서의 중앙 값을 구한 뒤 이 값들을 무게중심 공식에 대입하면 예상되는 위치의 좌표가 나오게 된다.

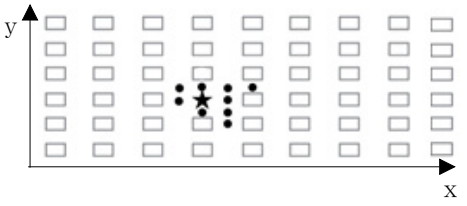

Fig. 5. Result of median value method.

2.4 방사 형태와 중앙 값을 이용한 방법

중앙 값과 방사 형태를 함께 이용한 방법은 방사원에 포함되지 않은 태그들을 보상하기 위한 방법이다. 방사원 바깥에 있는 태그들은 중앙 값을 이용하여 방사 원 안으로 포함시켜서 보상 되도록 한다.

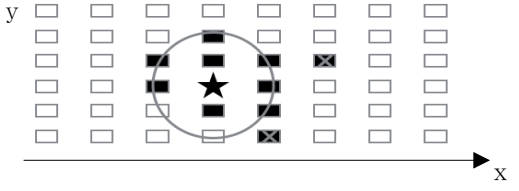

Fig. 6. Tags which are not included in the radiation pattern.

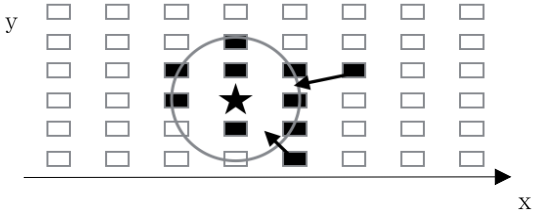

Fig. 7. Compensation for tags while are not included in the radiation pattern.

Fig. 6은 리더기의 위치가 좌표 상 (4,3)에 있을 때 방사 형태에 포함되지 않는 태그들을 x표시로 나타낸 것이다. 이 태그들을 보상하기 위해서 Fig. 7처럼 각 태그들의 중앙 값을 이용하여 방사형태 안으로 포함시켜 무게중심을 구하게 된다.

3. 실험 및 결과

3.1 실험 과정

태그를 Fig.8과 같이 정사각형으로 실내 바닥에 배치한 후 ALR 9900+프로그램과 안테나를 연결한다. 그 후 RFID리더기를 배치된 태그들 위의 임의의 위치에 위치시킨 후 브라켓의 움직임을 물체의 이동으로 생각하고 브라켓의 위치에 따라 안테나에 읽히는 태그들을 PC에 연결시킨 ALR 9900+ 프로그램을 사용하여 Fig.9와 같이 확인한다.

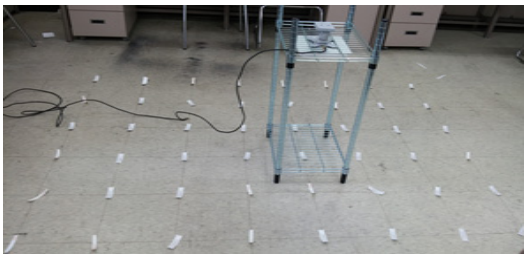

Fig. 8. Installation of Antenna and an experiment processs

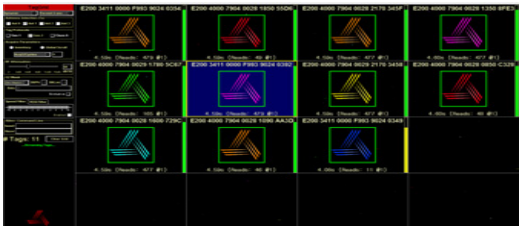

Fig. 9. ALR9000+ program

여기서 예상위치를 도출하는 방법을 4가지로 나누어서 수행하는데 첫 번째는 읽힌 태그들의 전체의 무게중심을 측정하는 방법, 두 번째는 가상의 방사 형태를 지정하여 방사 원 내부에 읽힌 태그들의 무게중심의 좌표를 측정하는 방법, 세 번째는 방사 형태와 중앙 값을 함께 이용한 방법, 마지막으로 중앙 값만을 이용하여 측정하는 것이다.

사용되는 RFID리더기와 안테나의 사양은 각각 표1, 표2와 같다.

Table 1. Specification of ALR9900+

Model Number	ALR 9900+
Frequency	902 MHz ~ 928 MHz
Transmit Channels	50
Power	Robust universal AC-DC Power converter, 100~240 VAC, 50/60 Hz
Communication	LAN TCP/IP, RS-232
Antennas	4 reserve polarity TNC monostatic ports; circular or linear polarization; near and far field compatible
Tags	ISO/IEC 18000-6C complaint RFID UHF operation (840-960MHz) 800-bits of Nonvolatile Memory Dimensions 94.8x8.15mm2 Thickness 0.25mm

Table 2. Specification of Mt-92 antenna.

Model number	Mt-92 antenna
Frequency	920 MHz~928MHz
Polarization	Circular type
Beam width(3dB)	70 degree nominal
Input impedence	50ohm
Size	213mm x 213mm

3.2 실험 결과

위치 추적을 위해 태그들은 정사각형 형태로 배치하였고 서로 간의 간격은 30cm이다.

Table 3. Experiment results using center of gravity.

Times	Error(cm)	Times	Error(cm)
1	23.82	11	26.90
2	3.19	12	0
3	6.04	13	10.19
4	14.06	14	32.45
5	28.70	15	35.70
6	23.13	16	21.97
7	16.14	17	22.41
8	9.00	18	21.78
9	14.45	19	18.90
10	15.00	20	17.22
		Avg	18.05

Table 3은 무게중심만을 이용한 실험결과이다. 계산을 통해 구한 무게 중심좌표와 실제 리더기 위치의 좌표 간의 가정 적은 오차는 0cm, 가장 큰 오차는 35.70cm이며, 평균 18.05cm의 오차가 발생하였다.

Table 4. Experiment result using radiation pattern.

Times	Error(cm)	Times	Error(cm)
1	20.12	11	37.50
2	5.37	12	3.75
3	0	13	5.53
4	9.90	14	33.27
5	4.80	15	31.89
6	12.37	16	19.20
7	10.15	17	31.41
8	7.87	18	26.56
9	9.97	19	17.97
10	3.90	20	12.59
		Avg	15.21

Table 4는 위와 같은 실험에서 리더기의 위치를 측정하는 계산에 있어 추가적으로 방사 원을 도입한 실험 결과이다. 읽혀진 태그들 상에 임의로 타원 혹은 원을 그렸으며 이 원은 읽힌 태그들을 가장 효율적으로 포함시키는 방사 원이다. 방사 원 안에 포함되지 않는 태그는 제외하고 원 안에 포함된 태그들만의 좌표 값을 가지고 무게중심 계산법을 이용해 리더기의 예상위치를 구하였다. 계산을 통해 구한 무게 중심 좌표와 실제 리더기 위치의 좌표 간의 가장 적은 오차는 0cm, 가장 큰 오차는 37.50cm이며, 평균 15.21cm의 오차가 발생하였다.

Table 5. Experiment result using median value.

Times	Error(cm)	Times	Error(cm)
1	15.75	11	19.00
2	5.10	12	1.80
3	4.24	13	5.10
4	8.53	14	19.97
5	14.85	15	25.79
6	12.42	16	0.90
7	15.19	17	11.14
8	11.06	18	25.25
9	11.82	19	9.30
10	9.30	020	11.6
		Avg	11.91

Table 5은 중앙 값만을 이용한 실험결과이다. 계산을 통해 구한 무게 중앙 좌표와 실제 리더기 위치의 좌표 간의 가장 적은 오차는 1.80cm, 가장 큰 오차는 25.79cm이며, 평균 11.91cm의 오차가 발생하였다.

Table 6. Experiment result using both radiation pattern and median value.

Times	Error(cm)	Times	Error(cm)
1	18.42	11	31.83
2	3.3	12	3.35
3	2.68	13	10.19
4	15.58	14	34.98
5	13.5	15	29.19
6	13.68	16	15
7	12.56	17	20.12
8	7.55	18	24.31
9	11.7	19	15.43
10	7.64	20	9.27
		Avg	15.01

Table 6은 방사 형태와 중점을 이용한 계산 방법의 결과 값이다. 두 번째 실험과 마찬가지로 태그들 상에 방사 원을 지정하였다. 하지만 이번에는 방사 원 밖의 태그들을 아예 무시하지 않고, 이 태그들은 따로 리더기와의 중간지점으로 이동시켜, 방사 원 안에 포함시킨 후 계산하였다. 계산을 통해 구한 무게 중심 좌표와 실제 리더기 위치의 좌표 간의 가장 적은 오차는 2.68cm, 가장 큰 오차는 34.98cm이며, 평균 15.01cm의 오차가 발생하였다.

4. 결론

본 연구는 tag들을 정사각형 배치를 하여 실험을 통해 예상되는 리더기의 위치와 실제위치를 비교하여 오차를 확인하였다. 거리오차를 확인하기 위해서 총 4가지의 계산방법을 사용하였다. 20번의 실험의 결과 실제위치와 측정 위치와의 평균 오차가 가장 적은 계산 방법은 평균 오차가 11.91cm 인 중앙 값 계산 방법이다. 그 다음 오차가 적은 순서로는 방사 형태와 중앙 값을 이용한 방법이 15.01cm, 방사 형태 방법이12.21cm의 오차를 보였고 기존 논문에서 사용한 무게 중심 방법이 18.05cm로 가장 큰 오차를 보였다. 실제위치와 예상되는 위치를 비교할 때 tag들의 중앙 값을 이용한 방법이 가장 효율적인 방법이라는 것을 확인하였다.

References

[1] Byoung-Suk Choi, Jang-Myung Lee, "An Efficient Localization of Mobile Robot in RFID Sensor Space", Journal of Control, Automation, and Systems

Engineering vol. 12, no. 1, Jan. 2006.
DOI: http://doi.org/10.5302/J.ICROS.2006.12.1.015

[2] Chang-Hawn Lee, "Research on Position Tracking Using Passive RFID Tags", Graduate courses of Dankook University, 2012.

[3] Dae-Man Do, “RFID-based inddor location-aware system for Emergency Rescue Evacuation Support”, Graduate courses of Tongmyong University, 2013.

[4] Chang-Sun Yoon, Dong-Min Yoon, Young-Chan Kwon, Yeon-Chan Hong, "RFID Based Indoor Localization and Effective Tag Arrangement Method", Journal of the Korea Academic-Industrial cooperation Society, vol. 16, No. 312 pp. 8760-8766, 2015.
DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.12.8760

주 원 이(Won-lee Joo) **[정회원]**

- 2017년 2월 : 인천대학교 전자공학과 졸업(공학사)

<관심분야>
지능제어, RFID

김 효 선(Hyo-sun Kim) **[정회원]**

- 2018년 2월 : 인천대학교 전자공학과 졸업 예정(공학사)

<관심분야>
지능제어, RFID

정 영 아(Young-ah Jeong) **[정회원]**

- 2017년 2월 : 인천대학교 전자공학과 졸업(공학사)

<관심분야>
지능제어, RFID

홍 연 찬(Yeon-chan Hong) **[정회원]**

- 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1985년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1989년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1990년 3월 ~ 1992년 2월 : 순천향대학교 전자공학과 전임강사
- 1992년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 전자공학과 교수

<관심분야>
지능제어, RFID, 전력전자