

## RFID를 기반으로 한 실내 위치 파악 및 효율적 Tag 배치

윤창선\*, 윤동민<sup>1</sup>, 권영찬, 홍연찬  
<sup>1</sup>인천대학교 전자공학과

### RFID Based Indoor Localization and Effective Tag Arrangement Method

Chang-Sun Yoon<sup>\*</sup>, Dong-Min Yoon<sup>1</sup>, Young-Chan Kwon<sup>1</sup>, Yeon-Chan Hong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronics Engineering, Incheon National University

**요약** 본 논문에서는 실내에서의 정확한 위치 파악을 하여 넓은 실내에서 사람의 길 안내 및 로봇 청소기 등의 위치 파악에 적용 할 수 있는 기술을 개발 하고자 한다. 이를 위해 RFID tag를 지면에 부착하여, tag 배치 패턴을 다르게 하면서, 위치 파악을 하는데 있어서 어떤 패턴이 오차가 적은지를 확인하고자 한다. 연구에는 MT92(900MHz대 안테나)와 ALR 9900+(리더기)를 이용하여 실험을 하였다. 그 결과 마름모, 직사각형, 정육각형 그리고 정사각형 tag 배치 중 정사각형 배치에서 21.19cm의 적은 오차를 확인하였다. 그러나 단위 면적 당 배치된 tag수가 6개인 정육각형 배치를 함께 고려하였을 때, 정육각형 배치가 비교적 효율적인 배치라는 것을 확인하였다.

**Abstract** In this paper a technology which gives directions to people and also localization of the robotic vacuum cleaners inside some spacious buildings is developed. For this purpose, it is confirmed that which pattern has a small error in dealing with the indoor localization with various RFID tag arrangements attached on the ground. This experiment was conducted by using MT92(900MHz range Antenna) and ALR 9900+(Reader). As a result, the square arrangement has the least error, 21.19cm, among other patterns which are diamond, rectangle and regular hexagon. However, it is necessary to consider the number of tags in the unit area, from this point of view the regular hexagon arrangement is the most efficient arrangement among other patterns because it needs only 6 tags in the unit area.

**Keywords** : Indoor localization, RFID, RFID Localization, Tag arrangement, Tag patterns

#### 1. 서론

최근 실내 위치 파악 기술이 많은 각광을 받고 있다. 주변 환경에 구애 받지 않고 사람이나 사물의 위치를 파악하여 유용한 서비스를 제공하는 기술이 중요하게 대두되고 있다. 예를 들면 서비스 로봇은 가정 혹은 병원과 같은 공공장소에서 다양한 역할로 응용되고 있다. 이러한 로봇은 사람이 항상 따라다닐 수 없기 때문에 그 위치를 계속 파악 하는 것이 중요하다. 또한 병원에서는 환

자들의 무분별한 이동의 통제가 필수적인데, CCTV의 한계를 극복하여 위치를 더 쉽고 정확하게 파악할 수 있는 시스템이 필요하다. 이러한 위치를 파악하는 데에는 카메라, 센서, 인터넷 등등 여러 가지 기술이 있지만 보다 경제적이고 간편한 기술이 필요하다. 그것이 바로 RFID를 이용한 위치 파악 시스템이다[1-3].

기존의 신호세기기를 이용한 거리측정 방식은 전파속도, 주파수, 전송손실 등을 이용하여 구해진다. 장애물이 없는 가까운 거리에서는 실제와 비슷하게 나타나는 것을

이 논문은 인천대학교 2014년도 자체연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*Corresponding Author : Chang-Sun Yoon(Incheon Univ.)

Tel: +82-32-835-4769 email: cyoon36@gmail.com

Received November 3, 2015

Accepted December 4, 2015

Revised (1st November 23, 2015, 2nd December 3, 2015)

Published December 31, 2015

확인 할 수 있다. 그러나 거리가 멀어지거나, 장애물이 있을 경우에는 오차가 발생하게 된다[4-5].

RFID를 이용하는 이유는 인식뿐만 아니라 데이터의 저장에서도 나타난다. RFID는 데이터 저장 능력과 활용 능력 그리고 손상을 막는 능력까지 모두 우수하다[6]. 특히 RFID기술은 쓰여진 데이터를 읽는 능력뿐만 아니라 그 위에 데이터를 쓸 수 있는 능력까지 갖추고 있기 때문에 활용도가 더욱 높다. 손상확률이 드물며, 또한 재활용도 가능하다.

tag를 배치 후 위치파악을 하면 기본적으로 오차가 발생하기 마련이다. 추정 오차를 줄이기 위해 물체의 위치 추정을 확률적으로 취급하여, 물체가 현재 추정 위치를 중심으로 팽창하는 원호 상에 위치한다고 하고 새로운 tag가 감지되는 순간 이동로봇의 추정 위치를 갱신하는 방법이 있다[7-8].

본 논문에서는 이러한 오차를 줄이기 위하여 tag 배치를 다르게 하면서, 배치에 따라서 리더를 보유한 물체가 있다고 예상되는 위치와 실제의 위치가 어떻게 다른지 확인해왔다.

다양한 tag 배치를 해보고, tag의 정보를 리더기로 읽어 들인 후 어떤 패턴의 배치가 가장 오차가 적고 효율적인지 알아보고자 한다.

## 2. 위치 파악 원리

안테나가 tag를 감지하는 면적은 거의 일정하다. 그러나 각 tag에 도달하는 신호의 세기는 실험 환경이나 장애물의 유무에 따라서 다르게 나타난다. 그래서 안테나에 읽힌 tag들만을 고려하여 중심 값을 구하면 안테나(물체)의 위치에 가장 근접한 좌표가 나오게 된다[9].

안테나의 가독 범위를 Fig. 1에 나타내었다.

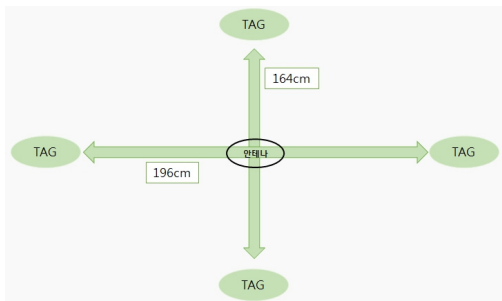


Fig. 1. Legible range of the Antenna

가독 범위 측정은 Fig. 1과 같이 바닥에 tag를 배치하고 그 위 수직 70cm 높이에서 진행하였다. 안테나를 중심으로 가장 먼 tag간 간격 196cm, 가장 짧은 tag간 간격은 164cm로 측정되었다.

본 논문에서는 무게중심의 원리로 물체의 위치를 파악 하였다.

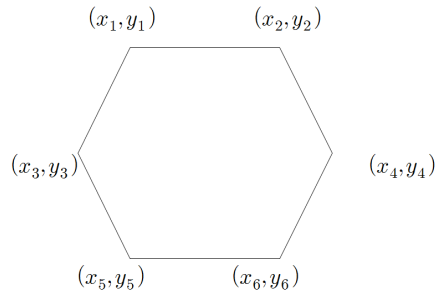


Fig. 2. Regular hexagon with coordinates

예를 들어 Fig. 2와 같은 육각형의 무게중심 좌표를 구하려면 다음과 같다[10].

$$G\left(\frac{x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6}{6}, \frac{y_1+y_2+y_3+y_4+y_5+y_6}{6}\right) \quad (1)$$

식 (1) 처럼  $x$ 와  $y$ 좌표를 각각 더한 후 꼭짓점의 개수로 나누면 된다.

## 3. 실험 및 결과

### 3.1 실험장비

Fig. 3은 본 실험에 직접 사용한 리더기와 안테나이다. Alien사의 ALR-9900+ 리더기를 사용하였고, 안테나는 동일 사의 MT92 제품을 사용 하였다.



Fig. 3. Experiment equipments

Table 1과 Table 2는 Fig. 3의 실험 장비들의 사양을

나타낸 표이다.

Table 1은 ALR-9900+와 사용 된 tag의 사양을 나타 낸 표로, 본 장비는 900MHz 대의 주파수 용도이며 50 개의 전송 채널을 가지고 있다. 통신은 RS-232케이블을 이용한 통신과 LAN선을 이용한 통신 두 가지가 가능하다. 본 실험에서는 LAN선을 이용해 기존 IP를 리더기가 통신할 수 있는 IP로 바꾸어 통신하는 방식으로 진행하 였다. 안테나는 4개까지 연결 할 수 있다. 사용 된 tag는 리더기 ALR-9900+ 제조사의 ALN-9640 모델로 사양은 다음 표와 같다.

Table 1. Specifications of ALR 9900+ and tags

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
Communications	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 94.8 x 8.15 mm <sup>2</sup> Thickness 0.25 mm

Table 2는 MT-92 안테나와 사양을 나타낸 표이다. 900MHz 대의 안테나이며, 원형 타입의 편광을 갖는다. 입력 임피던스는 50Ω, 크기는 가로, 세로 213mm 크기의 정사각형 안테나이다.

Table 2. Specifications of MT-92 Antenna

Model Number	MT-92 Antenna
Frequency	902 MHz ~ 928 MHz
Polarization	Circular Type
Beam Width(3dB)	70 degree nominal
Input Impedance	50ohm
Size	213mm x 213mm

### 3.2 실험과정

Fig. 4 와 같이 정사각형 모양으로 tag를 배치할 경우, 1번 원의 가독 범위를 가지고 안테나가 위치하였을 때, tag1과 tag9가 읽히는 것을 확인할 수 있다. 2번 원의 가독 범위를 가지면서 위치하였을 때는 tag 2, 9, 10이 읽히는

것을 확인 할 수 있는데 이 경우 물체가 1번 원 부근에서 2번 원 부근의 위치로 이동한 것을 확인할 수 있다.

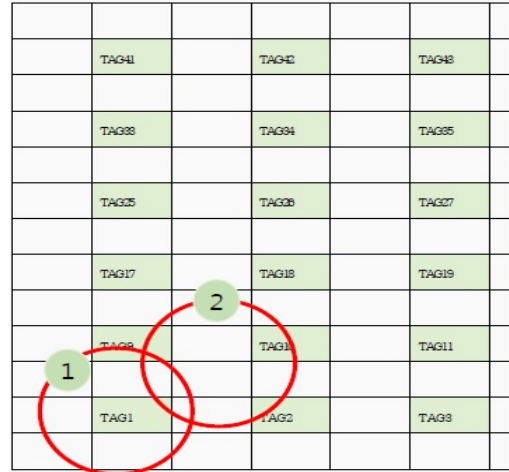


Fig. 4. Confirmation principle of movement of an object



Fig. 5. Installation of the Antenna and an experiment process

Fig. 5와 같이 tag를 원하는 모양으로 바닥에 배치한다. 넓은 건물의 실내에서 바닥재에 내장 및 부착된 tag로부터 수신된 정보를 이용하여 이동 로봇의 위치 파악 및 길 안내를 받을 수 있기 때문에, Fig. 5와 같이 tag들을 바닥에 놓고 실험을 진행하였다. 브라켓을 이용하여 안테나가 바닥을 향하도록 고정시킨 철제 선반을 통째로 이동시키는 것이 물체의 이동이 된다. 물체를 각 배치별로 10회 다른 위치로 이동시켜 가며 마름모, 직사각형, 정사각형 그리고 정육각형의 4개의 모양 총 40회의 실험을 진행 하였다. 그리고 실험 시 30cm를 좌표 1.0으로 하여 실험하였다.

### 3.3 실험 결과

Table 3. Results of the Rectangle tag arrangement

Rectangle	Position	Test Position	Error(cm)
1	2,2	2.86,2.57	30.95
2	4,2	4.57,2.57	24.18
3	5,2	4.88,2.57	31.78
4	5,4	5.6,4.8	30.00
5	3,4	3,5	30.00
6	2,4	2.44,4.67	24.05
7	1,4	1.66,4.75	29.38
8	2,6	2.11,6	3.30
9	3,6	4,6	30.00
10	5,6	5.5,6.5	30.00
Avg			29.36

Table 3은 직사각형 tag 배치에서 물체를 10회 이동 시켜가며 실험한 결과표이다. 각각의 위치마다 실제 좌표를 구하고, 읽힌 tag들을 이용해 무게 중심 좌표를 구하여 오차를 도출하였다. 그리고 마지막에는 10번의 모든 실험의 평균 오차를 구하였다. 직사각형 tag 배치 실험에서는 8번째 실험에서 오차가 3.30cm로 가장 작은 오차를 보였고, 10회의 실험 평균 오차는 29.36cm이다.

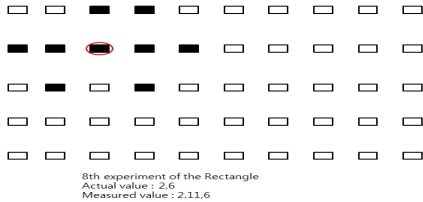


Fig. 6. 8th experiment result of the Rectangle tag arrangement

Table 4. Results of the Square tag arrangement

Square	Position	Test Position	Error(cm)
1	2,2	2.3,1.92	3.84
2	3,2	3.82,2.55	29.62
3	4,2	5.267	36.11
4	4,3	4.9,3.4	29.55
5	2,3	2.8,3.3	25.63
6	2,4	2.35,4.43	16.63
7	1,3	1.63,3.9	32.96
8	5,4	4.9,4.3	9.49
9	1,5	1.6,5	18.00
10	4,5	3.7,4.85	10.06
Avg			21.19

Fig. 6은 직사각형 tag 배치 실험에서 가장 오차가 작은 8번째 실험 결과를 나타낸 그림이다. 직사각형 1개당

가로 30cm, 세로 60cm의 크기로 배치하였다. 색칠된 부분이 읽힌 tag이고, 8번째 실험에서 물체는 동그라미 부분에 위치하였다. 총 9개의 tag가 인식 되었고, 각 tag의 x, y좌표를 구해 무게중심 값을 측정하였다. 실제 물체의 위치의 좌표는 (2,6)이고 측정한 무게중심 좌표는 (2.11,6)이다.

Table 4는 정사각형 tag 배치에서 물체를 10회 이동 시켜가며 실험한 결과표이다. 정사각형 tag 배치 실험에서는 1번째 실험에서 오차가 3.84cm로 가장 작은 오차를 보였고, 10회의 실험 평균 오차는 21.19cm이다.

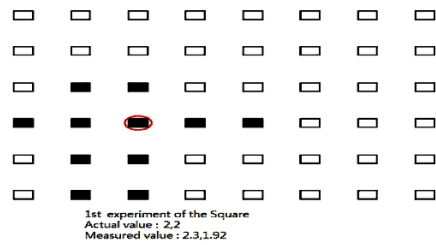


Fig. 7. First experiment result of the Square tag arrangement

Fig. 7은 정사각형 tag 배치 실험에서 가장 오차가 작은 1번째 실험 결과를 나타낸 그림이다. 정사각형 1개당 가로, 세로 30cm의 크기로 배치하였다. 색칠된 부분이 읽힌 tag이고, 1번째 실험에서 물체는 동그라미 부분에 위치하였다. 총 11개의 tag가 인식 되었고, 각 tag의 x, y좌표를 구해 무게중심 값을 측정하였다. 실제 물체의 위치의 좌표는 (2,2)이고 측정한 무게중심 좌표는 (2.3,1.92)이다.

Table 5. Results of the Diamond tag arrangement

Diamond	Position	Test Position	Error(cm)
1	2,6	2.6,5.8	18.97
2	3,5	3.5,6.7	25.08
3	4,6	4.29,6	8.70
4	5,5	5.44,5.89	29.78
5	4,4	4.86,4.86	36.49
6	3,3	3,4	30.00
7	6,4	6.25,5	30.92
8	5,3	5.43,3.71	24.90
9	6,2	6,3	30.00
10	6,6	5.78,5.56	14.76
Avg			24.96

Table 5는 마름모 tag 배치에서 물체를 10회 이동시

켜가며 실험한 결과표이다. 마름모 tag 배치 실험에서는 3번째 실험에서 오차가 8.70cm로 가장 작은 오차를 보였고, 10회의 실험 평균 오차는 24.96cm이다.

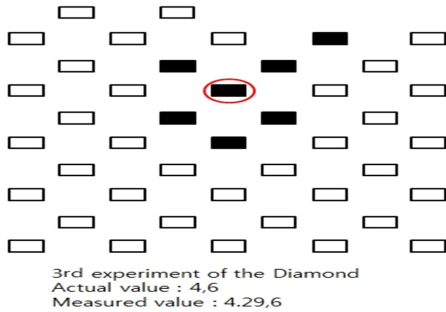


Fig. 8. 3rd experiment result of the Diamond tag arrangement

Fig. 8은 마름모 tag 배치 실험에서 가장 오차가 작은 3번째 실험 결과를 나타낸 그림이다. 한 변이 38cm 크기인 마름모로 배치하였다. 색칠 된 부분이 읽힌 tag이고, 3번째 실험에서 물체는 동그라미 부분에 위치하였다. 총 7개의 tag가 인식 되었고, 각 tag의 x, y좌표를 구해 무게중심 값을 측정하였다. 실제 물체의 위치의 좌표는 (4,6) 이고 측정된 무게중심 좌표는 (4.29,6)이다.

Table 6. Results of the Regular hexagon tag arrangement

Regular hexagon	Position	Test Position	Error(cm)
1	4,5	4.21,4.57	14.36
2	6,5	6.26,4.31	22.12
3	7.5,4	7.77,4.27	11.46
4	6,3	6.13,2.6	12.62
5	4.5,2	4.69,1.46	17.17
6	2.5,2	3.11,1.82	19.08
7	2.5,4	2.79,2.91	33.84
8	2,5	2.72,4.27	39.24
9	7.5,2	6.69,1.38	30.60
10	4,3	4.06,2.25	22.57
Avg			22.31

Table 6은 정육각형 tag 배치에서 물체를 10회 이동 시켜가며 실험한 결과표이다. 정육각형 tag 배치 실험에서는 3번째 실험에서 오차가 11.46cm로 가장 작은 오차를 보였고, 10회의 실험 평균 오차는 22.31cm이다.

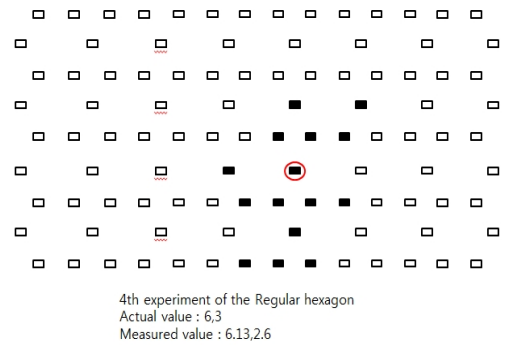


Fig. 9. 4th experiment result of the Regular hexagon tag arrangement

Fig. 9는 정육각형 tag 배치 실험에서 가장 오차가 작은 4번째 실험 결과를 나타낸 그림이다. 정육각형 1개당 한 변이 38cm인 크기로 배치하였다. 색칠 된 부분이 읽힌 tag 이고, 4번째 실험에서 물체는 동그라미 부분에 위치하였다. 총 15개의 tag가 인식 되었고, 각 tag의 x, y좌표를 구해 무게중심 값을 측정하였다. 실제 물체의 위치의 좌표는 (6,3)이고 측정된 무게중심 좌표는 (6.13,2.6)이다.

Table 7. The number of tags of the unit area

Arrangement shapes	The number of tags of the unit area
Rectangle	6
Square	9
Diamond	5
Regular hexagon	6

Table 7은 각 배치 모양 별 단위 면적 당 tag 수를 비교한 표이다. 정사각형은 가장 적은 오차를 보였지만 가장 많은 수의 tag가 소요되었다. 정사각형을 제외한 나머지 배치들은 단위 면적 당 비슷한 tag 수가 소요되었다.

#### 4. 결론

본 연구는 tag의 배치를 기본적인 도형들인 직사각형, 정사각형, 마름모 그리고 정육각형 등의 모양으로 실험을 하였으며, 이들 중 최적의 tag 배치를 찾아보았다. 이를 위해 물체의 위치는 무게중심법을 사용하여 계산하였다. 10번의 실험의 결과 실제 위치와 측정 위치와의

평균 오차가 가장 작은 tag 배치는 평균 오차 21.19cm인 정사각형 tag 배치로 나타났다. 그 다음 오차가 작은 순서로는 정육각형이 22.31cm, 마름모가 24.96cm, 그리고 직사각형이 30cm의 오차를 보였다. 마름모에서 8.7cm, 정사각형에서 3.84cm, 심지어 직사각형에서는 3.30cm의 오차를 보이는 보다 정확한 실험이 존재 하였지만, 10번의 실험 중 다른 실험들의 오차 분포가 커 평균 오차는 정사각형보다 컸다. 정육각형 tag 배치는 비교적 다른 tag 배치보다 오차의 분포가 고르고 평균 오차도 비교적 작았다. 하지만 정사각형 tag 배치보다 오차가 컸다.

그러나 평균 오차와 단위 면적 당 배치된 tag 수를 모두 고려하였을 때, 6개의 tag가 소요되는 정육각형 배치가 9개의 tag가 소요되는 정사각형 배치보다 효율적이라고 할 수 있다. 둘의 오차의 차이는 1.12cm밖에 나지 않지만, 단위 면적 당 소모되는 tag 수의 차이는 3개이므로 정육각형 배치가 오차와 경제성을 함께 고려 할 때 효율적인 배치라는 것을 확인하였다.

## References

- [1] Jae Ho Shin, Yeon Chan Hong, "Development of High-Speed RFID Reader System", Journal of Control, Automation and System Engineering Vol. 13, No. 9 pp. 915-919, Sep. 2007.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5302/J.ICROS.2007.13.9.915>
- [2] Sae Hyeon Nam, You Chung Chung "RFID Location Based Tree Management System Using Insertion UHF RFID TAG and GPS", The Journal of The Korean Institute Of Communication Sciences '12-10 Vol. 37C No.10', Oct. 2012.
- [3] R. Want, "An introduction to RFID technology.", IEEE Pervasive Computing, pp. 25-33, Jan-Mar. 2006.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2006.2>
- [4] Juels, A, "RFID security and privacy: a research survey", IEEE Volume:24 pp. 381-394, Feb. 2006.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/JSAC.2005.861395>
- [5] Hyeon Tae Kim, Yong Kwan Ji, Jang Hyeon Park, "RFID Tag Arrangement Algorithm for Estimation of Mobile Robot Position in an Indoor Environment", The Journal of The Korean Society of Mechanical Engineers, Jun. 2006.
- [6] Nichapat Pathanawongthum, Panarat Chertnan-omwong, "Empirical Evaluation of RFID-based Indoor Localization with Human Body Effect", Proceedings of the 15th Asia-Pacific Conference on Communications pp. 479 - 482, Oct. 2009.
- [7] Jian Zhu, Prof. regory D. Durgin, "Indoor/ Outdoor Location of Cellular Handsets Based on Received Signal Strength", IEEE Electronics Letters, vol. 41, no. 1, pp. 24-26, Jan. 2005.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el:20056605>
- [8] Dae Sung Seo, Ho Gil Lee Hong Suck Kim, Gwang Woong Yang, Dae Hee Won, "Monte Carlo Localization for Mobile Robots Under RFID Tag Infrastructures", Journal of Institute of Control, Robotics and System 12(1) pp. 47-53, Jan. 2006.
- [9] Lingfei Zhang, "A Fast Center of Mass Estimation Algorithm for Coordinates of IR Markers", The 9th International Conference pp. 1120-1125, Nov. 2008.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/icycs.2008.506>
- [10] Beong Ju Ryu, Je Hun Lee, Jin Hwan Koh, "Signal analysis of Hangul shaped Chipless RFID Tag" The Journal of The Korean Institute Of Communication Sciences, 38(12) pp.983-990, Dec. 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.7840/kics.2013.38A.12.983>

## 윤 창 선(Chang-Sun Yoon)

[정회원]



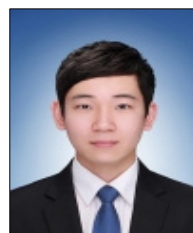
- 2012년 2월 : 고려대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2012년 2월 ~ 2015년 11월 : 인천대학교 대학원 전자공학과 (박사과정)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 한국전력기술(주) 책임기술원

&lt;관심분야&gt;

제어계측, RFID, 정보통신

## 윤 동 민(Dong-Min Yoon)

[준회원]



- 2009년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 전자공학과 (학부과정)

&lt;관심분야&gt;

RFID, 계측제어



**권 영 찬**(Young-Chan Kwon)

[준회원]



- 2009년 3월 ~ 현재 : 인천대학교 전자공학과 (학부과정)

<관심분야>

제어공학, RFID

---

**홍 연 찬**(Yeon-Chan Hong)

[정회원]



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

<관심분야>

제어계측, RFID, 홈네트워킹