

# RSSI기반 지능형 위치 추정 시스템 설계 및 구현

## Design and Implementation of RSSI-based Intelligent Location Estimation System

임 창 균<sup>1</sup>                      강 오 성<sup>1</sup>                      이 창 영<sup>1</sup>                      김 강 철<sup>1\*</sup>  
Chang Gyoon Lim      O Seong Andrew Kang      Chang Young Lee      Kang Chul Kim

### 요 약

본 논문에서는 모바일 로봇이 주어진 환경에서 물건 객체를 찾기 위해 RFID(Radio Frequency Identification) 태그의 위치를 추정할 수 있는 지능형 시스템을 설계하고 구현하였다. 개발된 지능형 시스템은 인공 신경망 시스템으로 RSSI(Received Signal Strength Indication)값을 입력으로 하고 절대 위치 좌표 값을 목표 값으로 하는 학습 시스템이다. 위치 추정을 위하여 수동형 RFID를 사용하였으며 능동형으로의 확장도 고려하였다. 실내에서 위치 추정을 위한 환경을 구축하여 사용될 수 있도록 시스템을 설계하였다. 또한 설계된 시스템을 소프트웨어 개발을 하였고, 실험을 통해 테스트베드 상에서 시스템 학습과 관련된 결과를 보여준다. 실제 현장과 유사한 환경에서 학습데이터 생성에서부터 실시간 위치 추정과 관련된 다양한 실험 결과를 보여준다. 실험 결과를 통해 모바일 로봇이 실내에서 원하는 객체를 쉽게 찾을 수 있음을 확인하였다.

☞ 주제어 : 신호세기, 위치추정, 인공신경망, 모바일로봇, RFID

### ABSTRACT

In this paper, we design and implement an intelligent system for finding objects with RFID(Radio Frequency Identification) tag in which a mobile robot can do. The system we developed is a learning system of artificial neural network that uses RSSI(Received Signal Strength Indicator) value as input and absolute coordination value as target. Although a passive RFID is used for location estimation, we consider an active RFID for expansion of recognition distance. We design the proposed system and construct the environment for indoor location estimation. The designed system is implemented with software and the result related learning is shown at test bed. We show various experiment results with similar environment of real one from learning data generation to real time location estimation. The accuracy of location estimation is verified by simulating the proposed method with allowable error. We prepare local test bed for indoor experiments and build a mobile robot that can find the objects user want.

☞ keyword : RSSI, location estimation, artificial neural network, mobile robot, RFID

## 1. 서 론

모바일 로봇에게 임무를 부여하여 이를 자율적으로 수행하도록 하기 위해서는 로봇의 위치뿐만 아니라 목표점의 위치도 알려주어야 한다. 뿐만 아니라 주어진 환경을 분석하여 장애물 회피를 포함한 최단거리의 정보를 원하는 사용자에게 제공해야 한다. 여기에서 사용되는 태그는 랜드마크의 역할을 할 수 있을 뿐 아니라 신호를 이용해서 각각의 환경을 구분할 수 있을 것이다. 이동하고자 하는 위치 추정을 위하여 모바일 로봇은 이러한 신호를 어

떻게 구분하는지를 알아야 하며, RSSI(Received Signal Strength Indicator) 신호를 제공하는 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템을 사용할 수 있어야 한다.

로봇이나 객체에 부착된 태그의 위치 정보  $(x, y)$ 는 절대 좌표 값의 의해 결정된다. 흔히 사용되는 자이로센서는 초기 위치 오차가 적고 양이 적은 경우에 효율적이거나, 양이 증가하는 경우 그에 따른 누적오차가 발생하여 정확한 위치추정이 힘들게 된다[1]. 기존에는 로봇에 여러 센서를 부착하여 절대위치를 파악하는 방법을 사용했다. 성능향상을 위하여 많은 센서를 부착해야 하는 상황이 발생했을 때 상대적으로 많은 데이터처리가 필요하게 된다.

주어진 센서 공간에서 위치 인식을 수행하게 되면 위치데이터가 저장된 센서를 감지하여 위치를 파악할 수 있게 되어 독립적으로 수행이 가능해진다. 특히, RFID를

<sup>1</sup> Computer Engineering, Chonnam National Univ., Yeosu, 550-749, Korea.

\* Corresponding author (kkc@jnu.ac.kr)

[Received 1 October 2013, Reviewed 2 October 2013, Accepted 11 October 2013]

이용한 위치 추정 시스템은 공간 내에 존재하는 센서를 통하여 위치를 쉽게 파악하게 될 수 있다[2].

2장에서는 기존의 위치추정 기법, RFID, RSSI, 그리고 인공 신경망 같이 본 연구와 관련된 기술들을 간단히 소개한다. RSSI 신호 세기를 이용하여 위치 추정을 할 수 있는 지능형 시스템 구성요소, 시스템 운영방법 및 설계, 위치 추정을 위한 신경망 시스템 설계에 대한 내용을 3장에서 소개한다. 4장에서는 설계된 시스템을 테스트 베드 상에서 수행한 기초 실험 결과와 실제 환경과 유사한 인터페이스를 마련하여 실제 환경에서 수행할 수 있는 테스트와 유사한 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에 대한 결론을 도출하고 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. 관련연구

### 2.1 기존의 위치추정기법[3]

공간에서 위치정보가 필요 하게 되는 경우 위치를 인식하는 기법중에 흔히 사용되는 TOA (Time Of Arrival)는 서로 약속된 시간에 전송이 시작된 신호를 수신하는 위치에서 얼마 후에 신호를 받았는지를 측정하면 후, 그들 신호의 속도를 이용하여 두 지점간의 거리를 계산하는 방법이다. TDOA (Time Difference Of Arrival)는 빛, 진파, 소리등과 같은 신호를 주기적으로 발생하는 노드와 이를 받아들이는 수신 노드로 구성된 후, 수신 노드 위치에 따라서 해당 신호의 전파속도에 따라서 읽히는 시간 차이를 이용하여 거리를 계산한다. 위치를 알고 있는 여러 노드들로부터 전송되어 지는 신호들의 입사각을 측정하여 어떤 각도에서 어떤 신호가 들어왔는지를 판단하여 위치를 측정하는 방법이 AOA (Angle Of Arrival)이다. ROA(RIIS Of Arrival)는 전송신호의 거리에 따른 자연적인 감쇠 현상을 이용하여 위치를 측정하는 방법으로 최근 RFID를 이용하는 기법이 많이 연구되고 있다.

### 2.2 RFID(Radio Frequency IDentification)

RFID 기술은 사물에 전자 태그를 부착하여, 그 사물에 할당된 유일한 ID를 무선으로 인식하여 서로 필요한 데이터를 제공하거나 처리하는 방법이다. 아이디나 위치정보, 가격, 색깔, 구매 날짜와 같은 구체적인 정보를 제공하고 크게 안테나, 트랜시버, 트랜스포터로 구성된다. 현재 ISO/IEC라는 국제 표준 기관과 EPC-global이라는 민간

기관이 표준화를 주도하고 있다.

수동형 RFID는 전원 공급을 리더기에서 보내오는 전파를 변형하여 데이터 전송 하고 처리하기 때문에 저가이지만 10m이하에서만 사용이 가능하다. 반면에 능동형 RFID는 자체 전원공급이 가능하고 100m-200m까지의 장거리 전송이 가능하며, 정보보안에도 탁월한 효과가 있다. 433MHz와 2.4GHz 주파수 대역을 능동형에서 많이 사용한다.

바코드와 같은 기존의 기술에 비해 RFID는 금속을 통과 할 수 있을 뿐 아니라 0.1초 이내의 빠른 응답 속도와 긴 인식거리 및 높은 인식률을 제공하는 장점을 가지고 있다.

### 2.3 RSSI (Received Signal Strength Indication)

RSSI 방법은 거리에 따른 신호세기와의 일정한 관계를 수학적으로 변환하여 사용한다. 이론적으로 RSSI는 전송기와 수신기 사이의 거리를 구하는 함수는 여러 모델이 소개되고 있다[4].

기본적인 개념은 수신된 신호의 세기는 거리가 가까울수록 강해진다는 것을 의미한다. 이러한 특징을 이용하여 수신된 신호세기 정보를 이용하여 거리를 구할 수 있다. 이를 위해서 감쇠를 고려한 자유공간(free space) 전파 모델에서 신호 전송과 수신사이 전력 비율을 식 (1)과 같이 Friis 공식을 이용하여 표현할 수 있다.

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \quad (1)$$

여기에서  $P_r$ (dB)는 신호 수신 세기,  $P_t$ (dB)는 신호 전송 세기이며  $G_t$ 는 전송기 안테나 계인,  $G_r$ 는 수신기 안테나 계인,  $(m)$ 는 신호 파장,  $d(m)$ 은 수신측과 전송 측의 사이의 거리를 나타낸다.

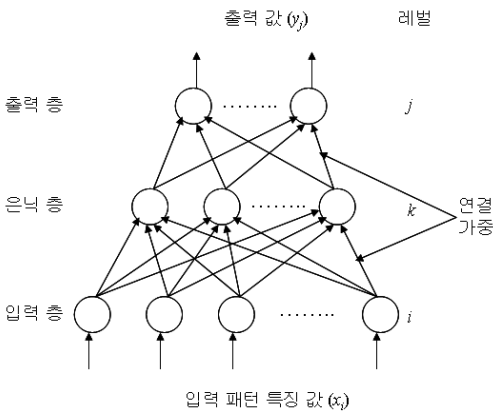
### 2.4 다중 퍼셉트론

Rosenblatt[5]가 1950년 말경에 패턴 분류 학습에 다층 퍼셉트론을 적용한 이후로 많은 연구가 수행되고 있다. 그러나 Minsky와 Papert[6]가 지적했듯이 다층 시스템으로는 문제를 해결하는 데는 한계가 있음을 발견되어 1970년에 다층 퍼셉트론이 본격적으로 연구되기 시작되었다.

다층 퍼셉트론은 교사학습 방법으로서 의사결정 시스

템 응용 분야 중에서 가장 많이 쓰인다. 다층 퍼셉트론은 각 층에서 처리 소자들인 노드들이 연결된 망(network)이다. 전형적인 다층 퍼셉트론 망은 최소 3개 또는 그 이상의 계층으로 구성된다. 입력 층에서는 외부 입력을 받아들이고 출력 층에서 분류된 결과를 준다. 입력 층과 출력 층 사이에는 하나 이상의 계층이 존재하며 이를 은닉 층이라 한다.

다층 퍼셉트론의 구조를 그림 1에서 보여준다. 은닉 층이나 출력 층과는 다르게 입력 층에서는 아무 연산이 일어나지 않는다. 퍼셉트론의 동작원리는 입력 패턴 특징 값들이 입력 층에 들어오면 은닉 층에 있는 노드들이 연산을 수행한 결과가 다음 층 노드의 입력 값이 된다. 이러한 과정을 출력 층까지 계속되어 최종 결과가 나오게 된다. 여기에서 나오는 출력 신호는 입력 값에 대한 적절한 클래스로 표현되어야 한다. 출력 층의 여러 노드들 중에 가장 높은 값을 갖는 노드가 그 클래스에 해당되며 다른 노드들은 낮은 값들을 갖게 된다.



(그림 1) 다층 퍼셉트론의 구조

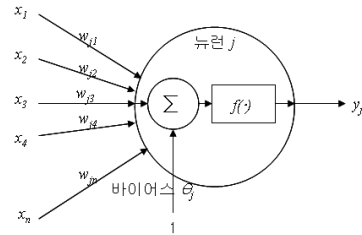
(Figure 1) The structure of multilayer perceptron

다층 퍼셉트론을 구성하고 있는 각 노드는 그림 2와 같이 인공 뉴런으로 모델화 시킬 수 있다. 각 뉴런은 입력된 외부 자극을 합하여 그 결과에 따라서 반응한다. 바이어스와 함께 입력의 가중 합을 활성화 함수에 전달되어 결과를 출력한다. 이러한 과정을 식 (2)와 같이 정의할 수 있다.

$$net_j = \sum_{i=1}^n w_{ji} x_i + \theta_j \quad (2)$$

$$y_j = f(net_j)$$

여기에서  $net_j$ 는 입력벡터  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 에 대한 가중치의 합이다.  $\theta_j$ 는 바이어스라 한다. 그리고  $w_{ji}$ 는  $i$ 번째 입력과  $j$ 번째 뉴런사이의 연결강도를 나타낸다. 또한 결과를 도출하기 위한  $f(\cdot_j)$ 는  $j$ 번째 뉴런의 활성화 함수이며  $y_j$ 는 출력 결과를 의미한다.



(그림 2) 다층퍼셉트론에서의 하나의 노드(인공 뉴런)  
(Figure 2) A node of multilayer perceptron(artificial neuron)

뉴런의 반응 여부를 결정하는 함수를 활성화 함수라 하는데, 본 연구에서는 여러 가지 형태 중에서 식(3)과 같은 양극성 시그모이드 함수를 사용한다. 뉴런의 활성화 여부에는 외부 입력뿐 아니라 바이어스도 작용한다.

$$f(net) = \frac{1 - e^{-\lambda net}}{1 + e^{-\lambda net}} \quad (3)$$

### 3. RSSI를 이용한 지능형 위치 추정 시스템

#### 3.1 시스템 구성

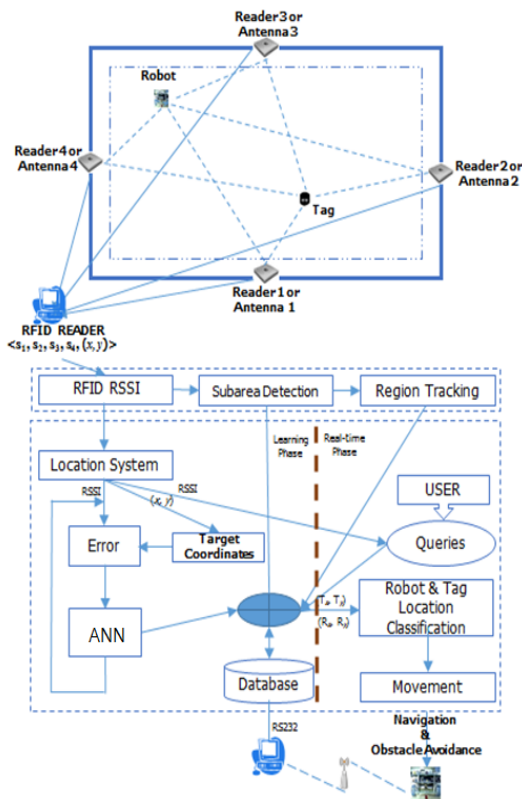
본 연구에서는 태그, 안테나, 리더기, 서버와 RFID 센서 공간으로 시스템을 구성하였다. 수동형을 사용하는 경우에는 각 안테나를 RFID 리더기에 연결하고 리더기는 서버에 연결된다.

태그의 고유 정보(ID)와 신호 세기(RSSI)와 같은 데이터는 무선통신으로 안테나에 전해진다. 리더기는 안테나를 통하여 태그와 관련된 정보를 유선으로 연결된 서버에 전달하게 된다. 센서 공간에서 환경을 학습하기 위해 무작위로 많은 태그를 주어진 공간에 배치하여 위치 추정을 위한 데이터베이스 구축한다. 이때 서버는 수집된 태그 정보를 저장하고 이를 학습한 후 위치 추정단계에서는 신호 세기만을 이용하여 태그의 위치를 계산하여 제공한다.

### 3.2 시스템 운영

태그의 위치를 파악하기 위해서 학습 단계에서 임의로 배치한 많은 태그의 RSSI 신호 세기 값을 입력 값으로 사용하고, 그에 따른 실제 위치정보를 타깃 출력 값으로 하여 앞에서 정의한 신경망을 이용해 학습 시킬 수 있다.

그림 3은 실내에서 위치 추정을 할 수 있는 지능형 시스템 구성 도를 보여주고 있다. 그림 상단은 태그가 부착된 로봇과 객체들이 있는 공간으로서 본 시스템의 사용 환경이다. 4개의 안테나가 각 면의 중심에 설치되어 있어 태그의 고유 정보와 RSSI값을 읽어 온다. 그림 하단은 RSSI 값과 실제 위치를 가지고 학습할 수 있는 모델(좌측 Learning Phase)과 사용자가 물건 찾기를 요청하면 RSSI 값만을 이용해서 태그의 위치를 추정(우측 Real-time Phase)할 수 있도록 한다.



(그림 3) RSSI를 이용한 위치 추정 시스템 (상단 : 센서공간, 하단 : 시스템구조)

(Figure 3) The location estimation system using RSSI

여기에서 제안한 모델을 수동형 RFID 환경을 제시하였다. 만일 능동형 RFID를 사용하는 경우에는 그림 상단에서 안테나를 능동형 리더기로 교체해두면 넓은 지역에서 사용이 가능할 것이다.

### 3.3 위치 추정 기술

제안한 시스템은 위치 추정을 위해서 전송된 RSSI 신호 값들과 위치 추정을 위한 학습된 샘플들 사이의 매칭이라 할 수 있다. 시스템은 그림 2에서 볼 수 있듯이 학습 단계인 Learning Phase(Off Line)와 위치 추정단계인 Real-time Phase(On Line)로 나눌 수 있다.

#### 3.3.1 학습단계 (Learning Phase : Off Line)

학습을 위해 사용 환경의 여러 위치에서 RFID 태그의 RSSI 신호 값들을 측정 한 값들과 그에 대한 위치 좌표 정보를 데이터베이스에 저장한다. 각 레코드의 값의 형태는 그림 2에서 RFID READER가 4개의 안테나로부터 읽어온 데이터와 그에 대한 위치 정보를  $\langle s_1, s_2, s_3, s_4, (x, y) \rangle$  형태로 표현할 수 있다.  $(x, y)$ 는 학습데이터의 위치 좌표(목표 좌표)이며  $s_1, s_2, s_3, s_4$ 는 4개의 안테나에서 들어온 태그의 RSSI신호 값이다.

데이터베이스 구성이 완료되면 위치 추정을 위한 학습 준비가 완료 된 것이며, 준비된 학습 프로그램을 이용하여 위치 추정을 위해 데이터베이스의 내용을 학습시킨다.

#### 3.3.2 위치추정단계(Real-time Phase : On Line)

학습된 위치 추정 모델이 만들어지면 실시간 위치 추정 시스템이 수행될 준비가 되었음을 의미한다. 객체나 로봇의 위치를 추정하기 위해서는 그들에게 부착된 태그들의 RSSI 신호 값들만 리더기나 안테나가 읽어와 학습된 시스템에 적용하면 그 시스템은 위치 추정을 위해 학습된 데이터베이스를 이용해 추정된 위치 값을 제공한다.

#### 3.3.3 모바일 로봇의 이동

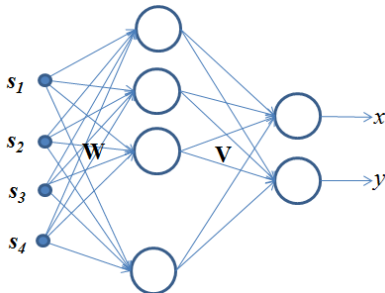
그림 2에서 보듯이 위치 추정 시스템은 모바일 로봇, 서버, 그리고 RFID 모듈로 구성된다. 수동형인 경우에는 하나의 RFID 리더기와 4개의 안테나로 구성되며, 능동형인 경우에는 4개의 안테나가 리더기로 대체되어 확장된 공간에서 사용이 가능하다는 것을 언급하였다. RFID 리더기는 태그의 값들을 위치 추정을 위해 RS232를 통해 서버로 전송된다. 이때 서버는 전송된 정보를 이용해 위치를 계산하

여 모바일 로봇에게 무선통신을 이용해 전송한다. 모바일 로봇도 태그가 부착되어 있으므로 현재의 자신의 위치도 서버에 의해 파악될 수 있고, 태그가 부착된 객체의 위치 또한 시스템에 의해 파악되어 로봇이 객체가 있는 위치로 자율이동을 할 수 있게 된다. 여기에는 장애물 회피도 포함되어 있다.

### 3.4 RSSI 신호를 이용한 위치 추정을 위한 신경망 시스템

수동형인 경우는 각 안테나에서 읽어온 태그의 RSSI 값들과 그에 대한 위치 정보가 리더기에 전달된다. 본 연구를 위하여 그림 1을 그림 4와 같이 수정하면 각 안테나에서 잡은 4개의 태그 입력 값들과 그에 대한 2차원 위치 좌표를 출력으로 하는 모델을 갖게 되는 구조가 된다.

연결강도를 조절하는 방법이 여러 가지가 있으나 일반적으로 목적 좌표 값과 실제 출력 값 사이의 오차를 바탕으로 수행한다. 이렇게 연결강도를 조절하는 과정을 학습 규칙이라 하는데, 본 논문에서는 학습에서 가장 많이 사용하는 오류 역전파 알고리즘(Error Backpropagation Algorithm- BP)을 사용한다.



(그림 4) RSSI 입력 값 (s)과 위치 좌표(x,y)를 출력으로 하는 신경망 구조

(Figure 4) Neural system with input as RSSI (s) and output as location coordination (x,y)

학습하는데 있어서 어떤 뉴런의 활성이 다른 뉴런의 잘못된 출력을 하는데 영향을 미쳤다면 두 뉴런간의 연결강도를 그것에 비례하여 조절해줘야 한다. 그러한 과정은 그 아래에 있는 다른 뉴런들까지 계속된다. 일단 다층 퍼셉트론의 구조가 결정되면 그 신경망의 연결강도가 학습 좌표값과 목적 좌표 값을 기본으로 한 학습을 통해 변경된다. 오류 역전파 알고리즘은 다중퍼셉트론 학습을 위한 가장 일반적이고 간단한 방법이다[7].

여기에서 오류는 평균자승오차(Mean Square Error : MSE)함수를 이용하여 출력 위치 좌표 값  $(x_k, y_k)$ 과 목적 출력 위치 좌표 값  $(x_k^t, y_k^t)$ 의 차이로 구할 수 있다. 이를 수식으로 나타내면 식(4)로 표현할 수 있다. 학습을 위해  $t$ 번째 입력 데이터는  $\mathbf{s}^t = (s_1^t, s_2^t, s_3^t, s_4^t)$ 로 표현할 수 있다. 입력과 그에 대한 목표 값의 학습 데이터 쌍은  $\{(s^t, x_k^t, y_k^t), k=1 \text{ to } N\}$ 로 표현할 수 있다.

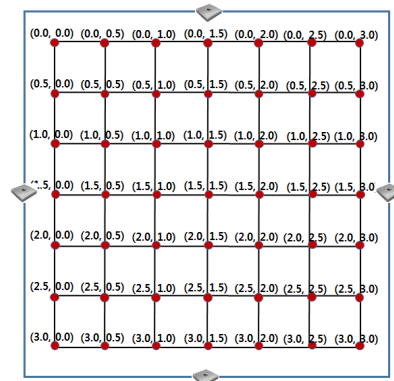
$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (x_k - x_k^t)^2 + (y_k - y_k^t)^2 \quad (4)$$

학습을 해나가는데 있어서 순차 학습 전략(incremental training strategy)과 일괄 학습 전략(batch training strategy)이라는 두 가지 전략이 있다[8, 9]. 일반적으로 순차 학습 전략이 효율적이고 학습 데이터가 많은 경우에 학습이 빨리 이루어진다. 학습패턴은 랜덤하게 고루 분포시켜야 지역적인 최소 점을 벗어날 수 있도록 한다.

## 4. 구현 및 실험 결과

### 4.1 테스트베드

Learning Phase(Off Line)에서 사용할 위치 추정 학습 데이터베이스 구축과 Real-time Phase(On Line)에서 실제 위치 추정을 위한 실험을 위해 3m x 3m 테스트 베드 환경을 그림 4에서 보여주고 있다. 그림에서 각 셀은 50cm x 50cm 지점에 위치에 49 셀로 구성되어 있고, 시스템 구현 상 좌측 상단이 (0,0) 위치가 된다고 가정한다.



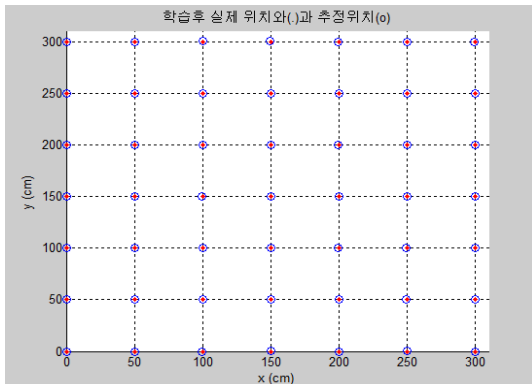
(그림 5) 실험 테스트 베드 환경

(Figure 5) The environment of simulation test bed

시뮬레이션에서는 신호세기가 안테나의 거리와 비례한다고 가정하여 실험 데이터베이스를 구축하여 학습과 테스트를 실행하였다. 그림 5에서 보듯이 태그는 각 셀에 위치되어 있다고 보고 안테나는 두 코너 사이의 중간 지점에 설치되어 있다. 각 안테나는 주어진 환경 안에 뿌려져 있는 태그들로부터 RSSI 신호 값들과 실제 위치 정보를 읽어와 리더기를 통해 서버에 정보를 전달하여 위치 추정을 위한 학습 데이터로 사용한다.

#### 4.2 학습 데이터를 이용한 실험 결과

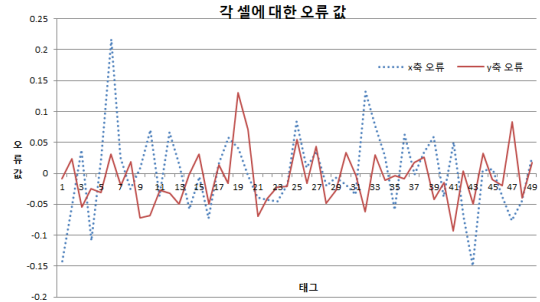
학습 데이터베이스를 이용해 학습한 후 이를 테스트 데이터로 사용하여 실험하였다. 여기에서는 각 셀의 RSSI 값들을 읽어와 실제 위치와 추정위치의 결과를 그림 5의 테스트 베드 환경을 구현하였다.



(그림 6) 200개 학습 데이터를 이용해 학습 시킨 후 그림 4의 각 셀을 위치 추정 후 결과  
(Figure 6) The result of cell location estimation after learning the system with 200 learning data in Fig. 4

그림 6에서는 200개의 학습 데이터를 테스트 베드에서 임의로 생성하여 학습 시킨 다음, 그림 5에 위치한 각 셀에 위치한 태그들을 이용해 실제 위치와 위치추정의 결과를 보여주고 있다. 그림에서 실제 태그 위치는 ‘·’로 나타내었고 RSSI값을 이용해 추정된 위치는 ‘o’로 표시하였는데 그림 7에서도 확인 할 수 있듯이 오차가 거의 나지 않고 위치가 추정됨을 볼 수 있다.

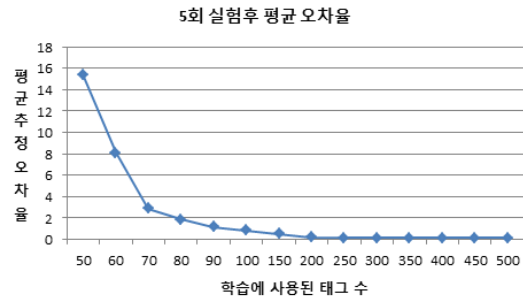
그림 7에서는 그림 5에 나타난 각 셀의 실제좌표와 추정 좌표 값에 대한 x와 y 좌표들의 차이를 그래프로 나타내었다.



(그림 7) 그림 5의 각 실제 셀의 위치와 추정 값의 좌표 값의 차이  
(Figure 7) The difference between actual location of each cell and estimated coordination (x,y) in Fig. 5

#### 4.3 학습데이터(참조 태그) 수에 따른 위치 추정 오류 값의 변화

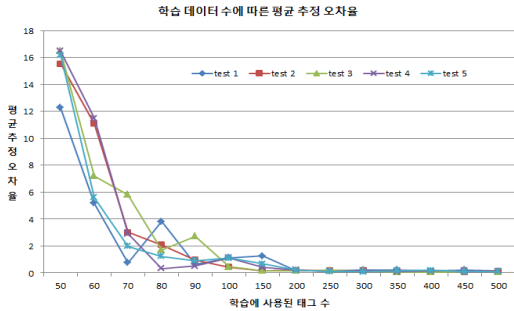
신경망에서 위치 추정을 위한 학습을 수행할 때 학습 데이터 수에 따른 오차율 변화를 조사하기 위해서 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 개의 학습데이터를 이용해 학습한 후의 오차율을 계산하였다. 그림 8에 의하면 학습데이터를 200개 정도 사용하면 학습오차를 허용 범위 이하 (0.19879)로 떨어 졌음을 알 수 있다.



(그림 8) 학습데이터 수에 따른 오차율 - 학습데이터 이용시  
(Figure 8) Error rate in terms of the number of learning data - using learning data

주어진 환경에서 200개 정도의 학습데이터를 이용해 학습 시키면 우리가 허용할 정도의 오차를 가져옴을 알 수 있었다. 같은 환경에서 20개의 테스트 데이터를 가지고 5번 반복 수행하여 결과를 분석하여 보았다. 결과에

의하면 테스트 데이터 역시 200개 학습 데이터를 이용해 학습 시킨 추정 결과가 허용 오차 이하의 오차율을 발생했음을 그림 9에서 확인할 수 있다.

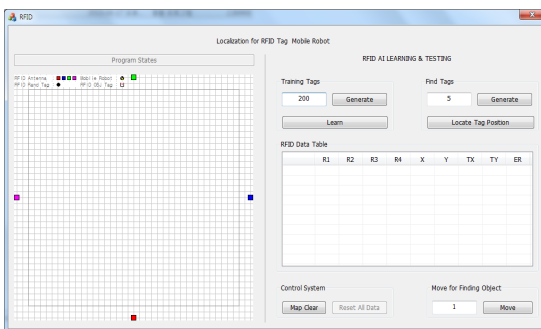


(그림 9) 학습 데이터 수에 따른 평균 위치 추정 오차율 (Figure 9) The error rate of average location estimation in terms of the number of learning data

#### 4.4 현장과 유사한 환경에서의 테스트

##### 4.4.1 학습 데이터베이스 생성 및 학습

그림 10은 그림 4의 테스트 베드를 실제 태그의 위치 추정을 위한 실험 환경을 구축한 것이다. 이 테스트 베드의 좌측은 그림 2의 상단과 유사한 환경으로 만들어 놓았고, 우측은 사용자가 실험을 위해 정보를 입력하고 그에 따른 결과를 확인 할 수 있도록 마련하였다.

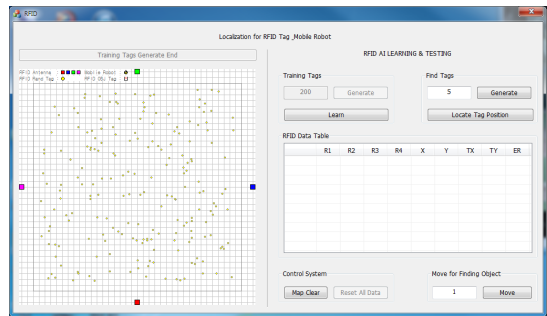


(그림 10) 실험을 위한 테스트 베드(좌측)와 인터페이스 (우측) (Figure 10) The test bed for experiment (left) and interface (right)

그림 11의 좌측 테스트 베드는 200개 학습데이터가 실험 환경 안에 랜덤하게 고루 생성되어 점으로 표시되어

있는 것을 볼 수 있다. 여기에서 나타난 점이 태그를 의미한다. 사용자가 우측 인터페이스를 통하여 입력한 값들에 따라 좌측 테스트 베드에 관련 내용이 표시된다. 시스템에 적용된 관련 정보는 그림 우측에서 확인이 가능하다.

학습을 위한 데이터베이스를 생성하기 위해서 그림 11의 중앙 상단 **Training Tags** 바로 아래에 있는 필드에 생성하고자하는 학습데이터 개수를 입력 해준 뒤, “Generate”라는 아이콘을 클릭하게 되면, 그림 좌측에 학습데이터가 점으로 생성됨을 볼 수 있다. 학습데이터가 생성된 후 베드 위에 이와 관련된 메시지(**Training Tags Generate End**)를 보여준다. 본 실험에서는 200개 학습 데이터 생성하였다.

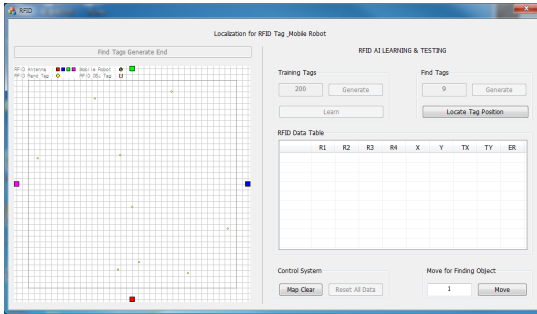


(그림 11) 위치 추정 시스템 구축을 위한 학습 데이터생성 (Figure 11) The generation of learning data for constructing location estimation system.

생성된 학습 데이터를 학습시키기 위해 “Learn”이라는 아이콘을 클릭하게 되면 학습이 시작된다. 학습이 끝나면 베드위에 이와 관련된 메시지(**Training Tags Learn End**)를 보여주어 학습이 끝났음을 알려 준다. 학습이 끝난 후에는 베드에 있는 학습데이터는 모두 사라지고 실시간 위치 추정을 할 수 있게 된다.

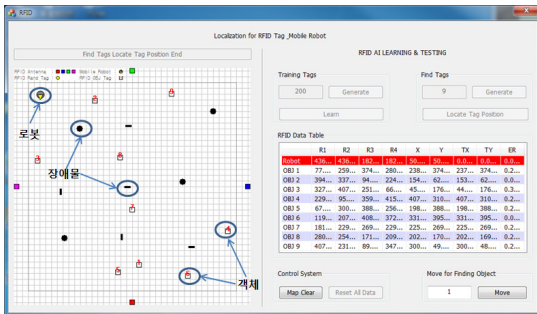
##### 4.4.2 로봇과 물건의 위치 찾기 및 자율이동

학습이 끝난 후, 실험을 위해 원하는 개수만큼의 태그 수를 **Find Tag** 필드에 입력한 후, “Generate” 아이콘을 클릭하면, 좌측 테스트 베드에 입력한 개수만큼의 태그들이 점으로 나타나게 된다(그림 12). 본 실험에서는 테스트를 위해 9개의 태그를 생성하여 실험하였다.



(그림 12) 찾고자 하는 태그들을 생성 - 9개의 태그들이 테스트 베드에 생성됨  
 (Figure 12) The tag generation to be found - 9 tags generated in the test bed

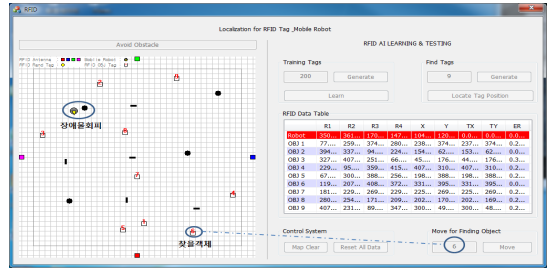
학습된 시스템으로 태그가 부착된 객체의 위치를 추정하기 위해서 “Locate Tag Position” 아이콘을 클릭한다. 학습된 시스템은 각 태그들의 위치 정보를 추정하여 RFID Data Table에 로봇의 현재 위치와 태그가 부착된 물건 객체들의 위치를 추정하여 좌표 값으로 보여준다(그림 13). 이 테이블에서는 실험결과를 확인하기 위해 그림 13에서와 같이 신호세기, 실제위치, 추정된 위치, 그리고 그에 대한 위치추정 오류 값들을 보여준다.



(그림 13) 물건 객체 찾기 위한 실험 환경 - 9개의 객체 (태그와 번호 부여), 장애물(검정색), 로봇 (테스트 베드의 좌측 상단에 위치)  
 (Figure 13) The experiment environment for finding objects - 9 object (tag and id assigned), obstacle(black), robot(upper left corner)

그림 13을 보면 좌측 상단에 태그를 부착한 로봇이 위치하고 있음을 볼 수 있다. 앞에서 생성한 태그는 우리가 찾고자 하는 물건이라 가정하고 편의를 위하여 고유번호를 할당하였다. 로봇과 각 객체에 대한 시스템 추정 값은

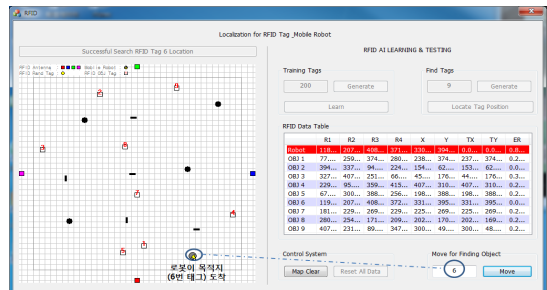
우측에 테이블 형태로 제공한다. 테이블 첫 번째 행에 로봇의 RSSI 값, 위치 추정 위치 값, 실제 위치 값, 그리고 오차 값을 보여준다. 다음 행들은 물건 객체와 관련된 정보를 열거하고 있다. 베드 안에는 원과 사각형 형태의 장애물이 여러 개 배치하였다.



(그림 14) 좌측 상단에 있는 장애물 회피  
 (Figure 14) Avoidance of obstacle in the left upper bound

이제 사용자가 원하는 물건 객체를 찾기 위해서는 그림 우측 하단 코너에 있는 Move for Finding Object 필드에 우리가 할당된 고유 번호를 (그림에서는 6번) 입력한 후 “Move” 아이콘을 클릭하면 로봇이 현재 위치하고 있는 곳에서 그 물건 객체가 있는 곳으로 자율 이동하게 된다. 그림에서는 로봇이 주어진 환경의 좌측 상단에 있으므로, 로봇은 목적으로 이동하기 위해 이차원상의 공간좌표로 이동을 위해 제자리에서 회전을 하여 현재 로봇의 방향을 목적지의 방향으로 맞춘다.

로봇이 원하는 객체로 이동할 때 장애물이 있으면 이를 회피해야 한다. 그림 14에서 보면 로봇이 6번 태그로 이동하는 도중에 테스트 필드 좌측 상단에 있는 첫 번째 장애물 만났을 때 이를 회피하여 주행하고 있는 모습을 보여주고 있다.

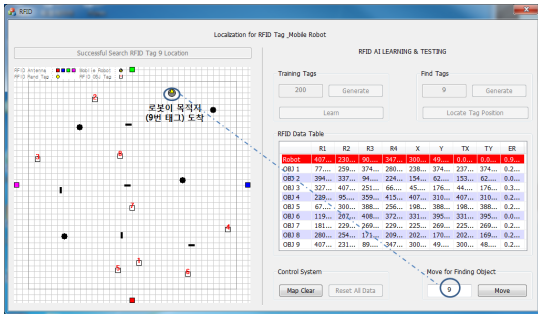


(그림 15) 로봇이 원하는 물건 객체(6번)를 찾은 후  
 (Figure 15) After finding object(#6) the robot wants



로봇이 자율 주행을 하면서 원하는 다짐 태그를 부착한 물건 객체(6번)를 향해 주행을 하고 목적지에 도착하면 그림 15에서 보듯이 그곳에 정지 하게 된다.

객체를 찾고 한 후 사용자가 또 다른 객체(9번)를 찾기를 원하면 Move for Finding Object 필드에 번호를 입력 후 “Move”을 클릭하게 되면, 서버는 현 상태에서 그 태그가 있는 위치로 이동하도록 명령하며 로봇은 그림 16에서 보듯이 그 태그가 있는 위치로 이동하게 된다.



(그림 16) 6번 태그가 부착된 객체를 찾은 후, 사용자가 원하는 9번 태그를 부착한 객체를 찾은 후의 화면  
(Figure 16) After finding object attached tag #6, robot finds another object attached tag #9 user wants

## 5. 결 론

본 논문에서는 객체나 로봇에 부착된 RFID 태그, 태그의 정보를 식별하는 안테나, 안테나로부터 RSSI 정보를 읽어와 서버로 전달하는 리더기 및 수집된 정보를 관리하는 서버로 구성되는 지능형 위치 추정 시스템을 설계하고 구현하였다. 이 시스템은 주어진 환경에서 원하는 태그의 위치를 추정하여 로봇이 자율 이동할 수 있도록 한다. 좁은 지역에서는 수동형 태그를 사용하고 넓은 지역에서는 능동형을 사용할 수 있는 방법을 모색하여 제시하였다. 상대적으로 위치확인 정밀도가 높은 distance free 방법 중의 하나인 RSSI 값을 이용한 태그 위치인식기법 이용하였다.

입력받은 신호 값들은 서버에서 인공 신경망을 이용해 학습시키고 지능연산을 이용한 위치 추정 프로그램 개발하였다. RFID를 이용하여 태그의 위치를 추정할 수 있는 시스템을 개발하여 물건 찾는 모바일 로봇에 적용할 수 있도록 하였다. 또한 사용자의 편의를 제공할 수 있는 인터페이스를 만들어 다양한 시뮬레이션을 수행하여 제안

한 이론의 실용성을 보여 주었다. 본 연구의 결과는 충돌 회피를 포함한 물건이 있는 곳으로 이동할 수 있는 자율 이동이 가능한 모바일 로봇에 적용할 수 있다. 향후연구는 실제 모바일 로봇을 이용한 실험 결과 위주로 수행할 예정이다. 또한 시스템의 성능향상을 위해 퍼지 신경망과 최적화를 위한 유전자 알고리즘을 사용하여 시스템 성능 향상을 꾀할 예정이다.

## 참 고 문 헌(Reference)

- [1] Komoriya, K., Oyama., “Position Estimation of a Mobile Robot using Optical Fiber Gyroscope,” in Proc. IEEE/RSJ/CI International Conference on Intelligent Robots and Systems IROS ‘94, vol. 1, pp. 143-149, 12-16, Sep. 1994
- [2] Kulyukin, V., Gharpure, C., Nicholson, J., Pavithran, S., “RFID in Robot-assisted Indoor Navigation for the Visually Impaired,” in Proc. IEEE/RSJ/CI International Conference on Intelligent Robots and Systems IROS ‘2004, vol. 2, pp. 1979-1984, Sep. 2004
- [3] Luis Bras, Nuno Borges Carvalho, Pedro Pinho, Lukasz Kulas, and Krzysztof Nyka “A Review of Antennas for Indoor Positioning Systems,” International Journal of Antennas and Propagation Volume 2012, Article ID 953269, 2012
- [4] J. Blumenthal, R. Grossmann, F. Golatowski, and D. Timmermann (2007) “Weighted Centroid Localization in Zigbee-based Sensor Networks.” Intelligent Signal Processing. WISP 2007. IEEE International Symposium on, pp. 1-6.
- [5] F. Rosenblatt, Principles of neurodynamics: perceptron and the theory of brain mechanisms. Spartan, New York, 1962
- [6] M. Minsky and S. Papert, Perceptrons, MIT Press, Cambridge, MA, 1969
- [7] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Strok, Pattern Classification, New York, Wiley, 2001
- [8] S. Shigetoshi, F. Toshio, and S. Takanori, A Neural Network Architecture for Incremental Learning, Neurocomputing, 9, pp.111-130, 1995
- [9] J. S. Jang, C. T. Sun and E. Mizutani, Neurofuzzy and Soft Computing, USA, Prentice Hall, 1997

● 저 자 소 개 ●



**임 창 균(Chang Gyoon Lim)**

1990년 조선대학교 대학원 전산통계학과(이학석사)  
1997년 Wayne State University, Computer Engineering(공학박사)  
1997년~현재 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부 교수  
2011년~현재 광주테크노파크 가전로봇지원센터 센터장  
관심분야 : 인공지능, 지능형로봇, 기계학습, 패턴인식  
E-mail : cglim@jnu.ac.kr



**강 오 성(O Seong Andrew Kang)**

2003년 2월 조선대학교 경영학과(경영학사)  
2010년~현재 전남대학교 공학대학 컴퓨터공학과 석사과정  
2010년~현재 전남테크노파크 정책기획단 연구원  
관심분야 : 지능형로봇, 패턴인식  
E-mail : oskang@jntp.or.kr



**이 창 영(Lee Chang Young)**

2010년~현재 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부  
관심분야 : 인공지능, 임베디드시스템  
E-mail : ca-cy@daum.net



**김 강 철(Kangchul Kim)**

1981년 2월 서강대학교 전자공학과(공학사)  
1983년 2월 서강대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
1997년 8월 경상대학교 대학원 전자공학과(공학박사)  
2013년 현재 전남대학교 공학대학 전기전자통신컴퓨터공학부 교수  
관심분야 : 임베디드시스템, 집적회로 설계.  
E-mail : kkc@nu.ac.kr