



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



공학 석사 학위 논문

RFID 태그신호를 이용한 지능형 위치 추정 방법 설계 및 구현

전남대학교 대학원
컴퓨터공학과

강 오 성

2014년 2월



공학 석사 학위 논문

RFID 태그신호를 이용한 지능형 위치 추정 방법 설계 및 구현

전남대학교 대학원
컴퓨터공학과

강 오 성

2014년 2월



RFID 태그신호를 이용한 지능형 위치 추정 방법 설계 및 구현

이 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

전남대학교 대학원

컴퓨터공학과

강 오 성

지도교수 임 창 균

강오성의 공학 석사 학위논문을 인준함

심사위원장

김 강 철



심사위원

김 용 민



심사위원

임 창 균



2014년 2월



목 차

국문초록	VI
------------	----

본 문

제 1 장. 서 론	1
가. 본 연구의 필요성	3
제 2 장. 관련연구	3
가. 위치추정 (Localization)	3
나. RFID(Radio Frequency IDentification)	4
다. RFID와 RSSI를 이용한 실내 위치측정 방법	6
라. 인공신경망	8
1) 인공신경망의 정의	8
2) 인공신경망학습과 오류역전파 알고리즘	11
제 3 장. 지능형 위치 추정 시스템	13
가. 시스템 구성	14
나. 위치 추정 기술	16
1) 학습단계 (Learning Phase : Off Line)	16
2) 위치추정단계(Real-time Phase : On Line)	16
3) 모바일 로봇의 이동	17
다. RSSI 신호를 이용한 위치 추정을 위한 신경망 시스템	19



제 4 장. 시스템 구현 및 실험 결과	20
가. 테스트베드 실험	20
나. 학습 데이터를 이용한 실험	21
다. 학습데이터 수에 따른 위치 추정 오류 값의 변화	22
라. 소프트웨어 시뮬레이션	23
1) 학습 데이터베이스 생성 및 학습	23
2) 로봇과 물건의 위치 찾기 및 자율이동	27
마. 물리적 실험환경 구축 및 모바일 로봇	33
 제 5 장. 결론	 35
 참고문헌(Reference)	 37
 영문초록	 41



그림 목차

제 2 장. 관련연구

[그림 2. 1] 다층 퍼셉트론의 구조	10
[그림 2. 2] 다중퍼셉트론의 노드(인공 뉴런)	10

제 3 장. 지능형 위치 추정 시스템

[그림 3. 1] RFID 기반 물건 찾는 지능형 로봇의 진행 프로세스 ·	14
[그림 3. 2] RSSI를 이용한 위치 추정 시스템	15
[그림 3. 3] 로봇의 경로 패턴 최적화	18
[그림 3. 4] RSSI 입력 값 (s)과 위치 좌표(x,y)를 출력으로 하는 신경망 구조	19

제 4 장. 시스템 구현 및 실험 결과

[그림 4. 1] 실험 테스트 베드 환경	20
[그림 4. 2] 200개 학습 데이터를 이용해 학습 시킨 후 [그림 4. 1]의 각 셀을 위치 추정 후 결과	21
[그림 4. 3] [그림 4. 1, 4. 2]의 각 실제 셀의 위치와 추정 값의 좌표 값의 차이	22
[그림 4. 4] 학습데이터 수에 따른 오차율(학습데이터 이용 시) ·	22
[그림 4. 5] 학습 데이터 수에 따른 평균 위치 추정 오차율	23
[그림 4. 6] 실험을 위한 테스트 베드(좌측)와 인터페이스(우측) ·	24
[그림 4. 7] 프로그램 시작화면 1.	25
[그림 4. 8] 프로그램 시작화면 2.	25



[그림 4. 9] 학습 데이터 입력 완료	26
[그림 4. 10] 학습이 끝난 후의 테스트 베드	27
[그림 4. 11] 찾고자 하는 태그들을 생성	27
[그림 4. 12] 물건 객체 찾기 위한 실험 환경	28
[그림 4. 13] 4번 태그를 갖는 객체로 로봇 이동	29
[그림 4. 14] 로봇이 4번 태그를 부착한 객체로 이동 중	29
[그림 4. 15] 로봇 이동 완료 후 멈춤	30
[그림 4. 16] 3번 태그를 갖는 객체로 로봇 이동	30
[그림 4. 17] 로봇이 객체가 있는 방향으로 회전 중	31
[그림 4. 18] 로봇이 원하는 객체가 있는 방향으로 회전 완료	31
[그림 4. 19] 유(有)장애물 로봇 이동	32
[그림 4. 20] 로봇이 주행 중에 만난 장애물 회피	32
[그림 4. 21] 장애물 회피 후 목적지로 방향을 회전 한 후 이동	33
[그림 4. 22] 로봇이 원하는 위치로 이동 완료 후 멈춤	33
[그림 4. 23] 물건 찾기를 위한 자율 이동 모바일 로봇	34
[그림 4. 24] 실험 환경 셋업	35



표 목차

제 2 장. 관련연구

[표 2. 1] 5개 태그에 대한 5번 RSSI 측정 결과와 평균값과 그에 대한 표준편차	7
[표 2. 2] 실내 위치 추적 방법 비교 분석	8
[표 2. 3] 인공신경망 학습	12
[표 2. 4] 오류 역전과 알고리즘	12

식 목차

제 2 장. 관련연구

[식 2. 1]	6
[식 2. 2]	10
[식 2. 3]	11
[식 2. 4]	13

제 3 장. 지능형 위치 추정 시스템

[식 3. 1]	20
------------------	----



RFID 태그신호를 이용한 지능형 위치 추정 방법 설계 및 구현

강 오 성

전남대학교대학원 컴퓨터공학과

(지도교수 : 임창균)

(국문초록)

본 논문에서는 모바일 로봇이 물건의 위치를 찾는데 도움을 주기위해 RFID (Radio Frequency IDentification) 태그를 이용한 지능형 위치추정시스템을 설계하고 구현하였다. 모바일 로봇의 실내 위치추적을 원활히 수행할 수있도록 적용된 무선 주파수 식별기기인 RFID 태그 기술은 다양한 작업을 효율적으로 처리하기 위해 사용되어지며, 이와 같은 기술이 로봇 환경에 적용되면 인간의 삶을 보다 향상시켜 줄 것이다. 본 연구는 이동 로봇의 위치 추정을 위한 RFID 기술을 사용하는 것으로 인접한 지역에서는 신호강도가 서로 비슷하다는 개념을 가지고 RFID 시스템을 센서로 선택하였다. 연구된 지능형 위치 추정 시스템은 뇌·신경 시스템을 본뜬 것으로 RSSI(Received Signal Strength Indication)값을 입력하여 절대 위치 좌표 값을 목표 값으로 하는 학습 시스템이다. 본 시스템은 수동형 RFID를 사용하였으나, 능동형 확장도 추가 사용되도록 고려하였으며, 제한된 실내환경에서 위치 추정이 가능하도록 시스템을 설계하였다. 또한, 본 논문에서는 설계된 시스템의 구현을 위해 시스템 설계의 타당성을 검증, 데모시스템



을 구축·구현 및 실험을 통해 모바일 로봇의 지능형 위치 추정 시스템의 학습과 상관관계가 있는 결과를 보여준다. 실제 현장과 유사한 환경으로 학습된 데이터의 생성에서부터 실시간 위치 추정결과 등 관련된 다양한 실험 결과를 도출하였고, 실험 결과를 통해 모바일 로봇이 실내환경에서 원하는 객체를 쉽게 찾을 수 있음을 확인하였다.



제 1 장. 서 론

다양한 종류의 로봇이 인간을 위해 위험한 작업환경에서 효율적으로 작업을 행하는데 사용되고 있다. 효율적인 작업을 위해 모바일 로봇의 경우 주행을 위한 정확한 관리가 필요하고 로봇이 새로운 환경에서 인간을 위해 인간과 같이 정해진 업무를 수행하도록 하기 위해서는 로봇의 위치가 정확히 파악되어야 한다. 즉, 주어진 환경에서 자신의 위치를 알고 있어야만 로봇은 맡은 임무를 수행하기 위해 자율적으로 이동이 가능해진다.

본 연구에서 위치추정은 주어진 환경에서 구할 수 있는 값을 이용해 알 수 없는 객체의 위치를 결정하는 과정이다. 실시간 위치추적시스템(RTLS-Real Time Localization System)은 실시간으로 위치를 추적하는 시스템으로써 현재 가장 많이 쓰이는 방법은 GPS를 이용하는 방법으로, 사용하는데 약간의 한계가 있다. 또한 수동형을 이용하든 능동형을 이용하든 모두 라디오 주파수를 이용한 RTLS는 들어오는 신호 세기를 가지고 타깃 위치를 추정하는 방법이 많이 연구되고 있다.

실내에서 모바일 로봇의 위치를 파악하기 위한 목적으로 많은 연구들이 수행되고 있다. 일반적으로 많이 사용되는 기술들은 RFID(Radio Frequency IDentification) [1, 2], Wiress Sensor Networks(WSN) [3, 4], Wireless Local Area Networks [5], 그리고 비전을 이용한 방법들이 있다[6]. 주어진 환경에서 여러 개의 센서를 이용해서 장애물을 검출하는 방법들이 제안되어 왔다. 기본적으로 모바일 로봇에게 임무를 부여하여 이를 자율적으로 수행하도록 하기 위해서는 로봇의 좌표뿐만 아니라 목표점의 좌표도 알려주어야 한다. 뿐만 아니라 모바일 로봇은 주어진 환경을 분석하여 장애물 회피를 포함한 최단거리의 정보 등을 원하는 사용자에게 제공해야 한다. 여기에서 사용되는 RFID 태그는 랜드 마크의 역할을 수행하며, 신호를 이용해 각각의 환경을 구분할 수 있다. 이동하고자 하는 위치 추정을 위하여 모바일 로봇에 RFID 신호를 구분하는 방법으로 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 신호를 이용하여, RFID 신호를 구분하여 사용할 수 있게 하였다.

로봇이나 객체에 부착된 RFID 태그의 위치 정보 (x, y)는 절대 좌표 값의 의해

결정된다. 흔히 사용되는 자이로센서는 초기 위치 오차가 적고 좌표 데이터 양이 적은 경우에 효율적이나, 좌표 데이터 양이 증가하는 경우 그에 따른 누적 오차가 발생하여 정확한 위치추정이 힘들게 된다[7]. 기존에는 로봇에 여러 센서를 부착하여 절대위치를 파악하는 방법을 사용하였고, 성능향상을 위하여 다양한 센서를 부착해야 하는 상황에서는 상대적으로 많은 데이터 연산이 필요할 수 밖에 없다. 주어진 센서 공간에서 위치 인식을 수행하게 되면 위치데이터가 저장된 센서를 감지하여 위치를 파악할 수 있게 되어 독립적으로 수행이 가능해진다. 특히, RFID를 이용한 위치 추정 시스템은 공간 내에 존재하는 센서를 통하여 위치를 쉽게 파악할 수 있다[8].

본 논문에서는 객체나 로봇에 부착된 태그의 정보를 이용하여 위치 추적을 위한 신경망 학습 시스템을 개발하였다. 학습은 각 태그의 정보를 안테나가 읽어와 현재의 위치를 포함한 정보를 리더기를 통해 서버에 전달된다. 서버에 전달된 정보들을 모아 오프라인으로 학습을 수행한다. 학습이 된 시스템은 실시간으로 원하는 태그의 위치를 추적하여 로봇에게 정보를 제공하여 로봇이 자율적으로 원하는 객체로 이동할 수 있도록 한다. 이를 위해 안테나로부터 태그의 RSSI 정보를 읽어와 서버로 전달하는 리더기 및 수집된 정보를 관리하는 서버로 구성되는 지능형 위치 추정 시스템을 설계하고 구현하였다. 관리하고자하는 지역이 좁은 곳에서는 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 위치인식기법을 이용하였다.

2장에서는 기존의 위치추정 기법(Localization), RFID, RFID와 RSSI를 이용한 위치추정방법 그리고 인공 신경망과 같이 본 연구와 관련된 기술들을 간단히 소개하였다. 3장에서는 RSSI 신호 세기를 이용하여 위치 추정을 할 수 있는 지능형 위치추정 시스템 구성요소, 시스템 운영방법 및 설계, 위치 추정을 위한 학습 단계, 위치추정단계, 모바일 로봇의 이동, RSSI 신호를 이용한 위치추정을 위한 신경망 시스템에 대한 내용을 소개한다. 4장에서는 설계된 시스템을 테스트 베드상에서 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.

가. 본 연구의 필요성

가정에서 TV 리모콘이나 자동차 열쇠 등 작은 크기의 일상 생활용품이 소파 틈새에 빠지거나 탁자 아래에 들어가게 되면 필요할 때 이를 찾아내는 것이 쉽지 않다. 또한, 서적들도 시간이 지나면 어느 방, 어느 책장에 보관되어 있는지 잊어버리기 때문에 다시 서적을 보고 싶을 때도 해당 서적을 찾기 위해 불필요한 시간을 낭비할 수 있다. 사람들이 나이가 들면서 많은 사람이 노화로 뇌세포가 점차 없어지기 때문에 기억력 감퇴 등 뇌기능 저하 증상으로 인해 본인의 물건을 자주 잃어버리게 될 수도 있다. 보통 여성들은 산후 기억력이 감퇴하여 물건을 잃어버리거나 건망증 증상이 매우 심각할 정도이다. 이에, RFID를 이용하여 실내에 존재하는 물체의 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 하고, 잃어버린 물체를 쉽게 찾을 수 있게 하는 로봇의 수요 증가가 예상된다.

산업연구원에 따르면 개인용 로봇은 2020년 세계시장 규모가 30조원(약 280억 달러)으로 급성장할 것으로 전망된다. 하지만, 아직까지 가격 및 기술의 한계로 인해 시장에서 소비자들의 호응을 얻지 못하고 있으므로 이를 해결할 수 있는 기술 개발 및 상용화가 필요하다. 하지만, RFID와 로봇을 접목한 시도는 주로 학계와 연구소를 중심으로 기술개발이 진행되고 있으며, 상용화 사례는 거의 없다. 이에, 본 연구에서는 RFID 태그를 이용해서 물건의 위치를 추적하여, 사용자에게 알려주는 지능형 물건 찾는 모바일 로봇을 제안하고자 한다. 또한, 외부 무선 통신 시스템을 이용한 모니터링 시스템을 구축하여, 사용자가 물건의 위치를 모니터링 할 수 있는 시스템 구축이 목적이며, 이를 통해 필요 시 로봇을 이용하여 물건에 부착된 RFID 태그의 위치를 찾는 것이 본 연구의 주된 목적이다.

제 2 장. 관련연구

가. 위치추정 (Localization)

위치추정은 주어진 환경에서 구할 수 있는 값을 이용해 알 수 없는 객체의 위치를 결정하는 과정이다. 실시간 위치추정 시스템(RTLS)은 실시간으로 위치를 추적하는 시스템이다. RTLS에서 가장 많이 쓰이는 방법은 GPS를 이용하는 것이다. 수동형을 이용하든지 능동형을 이용하든지 간에 라디오 주파수를 이용한



RTLS는 들어오는 신호 세기를 가지고 타깃 위치를 추정한다.

공간에서 위치정보가 필요 하게 되는 경우 위치를 인식하는 기법중에 흔히 사용되는 TOA (Time Of Arrival)는 서로 약속된 시간에 신호를 전송 시작하여 수신 위치에서 신호가 도달한 시간을 측정한 후, 그들 신호의 속도를 이용하여 두 지점간의 거리를 계산하는 방법이다[9]. TDOA (Time Difference Of Arrival)는 빛, 전파, 소리등과 같은 신호를 주기적으로 발생하는 노드와 이를 받아들이는 수신 노드로 구성된 후, 수신 노드와 해당 신호의 전파속도에 따라 읽히는 시간 차이를 이용하여 거리를 계산한다[10]. 노드간의 거리를 계산하는 다른 방법인 AOA(Angle Of Arrival)는 위치를 알고 있는 여러 노드들로부터 전송되는 신호들의 입사각을 측정하고, 임의의 각도에서 전송 신호가 들어왔는지를 판단하여 위치를 측정하는 방법이다[11]. ROA(RIIS Of Arrival)는 전송신호의 거리에 따른 자연적인 감쇠 현상을 이용하여 위치를 측정하는 방법으로 최근 RFID를 이용하는 기법이 많이 연구되고 있다[12].

나. RFID(Radio Frequency IDentification)

RFID 기술은 사물에 전자 태그를 부착하여, 그 사물에 할당된 유일한 ID를 무선으로 인식하여 서로 필요한 데이터를 제공하거나 처리하는 방법이다. ID나 위치 정보, 가격, 색깔, 구매 날짜와 같은 구체적인 정보를 제공하고 크게 안테나, 트랜시버, 트랜스포터로 구성되며, 현재 ISO/IEC라는 국제 표준 기관과 EPC - global이라는 민간 기관이 표준화를 주도하고 있다.

수동형 RFID는 리더기에서 보내오는 전파를 변형하여 데이터를 전송 하고 처리하기 때문에 저가이지만 10m이하에서만 사용이 가능하다. 반면 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.

RFID 특징을 세부적으로 살펴보면 이 기술은 라디오 주파수를 이용하여 Tag가

부착되어 있는 물체를 인식, 추적, 분류 등 사물의 정보를 수집하여 분석하고 저장하는데 주로 사용되는 기술로써 기존의 바코드를 대체하여 물품관리를 네트워크화 및 지능화가 가능하고 유통 및 물류 관리뿐만 아니라 보안, 통신, 환경 관리 등에 적용되어 현재 다양한 서비스를 제공한다. 기존의 바코드는 훼손 및 파손 등의 우려가 높고 시간이 지날수록 인식률이 점차 떨어지는 단점을 내포하고 있지만, RFID 시스템은 일반적으로 10년 이상 Tag를 사용할 수 있으며, 사물의 재질이나 환경의 변화가 발생해도 항상 인식할 수 있는 장점이 있다. RFID 시스템은 메인 컴퓨터, 사물에 부착되는 태그, 태그에 저장된 정보를 읽어오는 리더기로 구성된다. 사물의 정보를 저장하고 있는 태그는 주로 카드, 라벨, 코인 등 다양한 형태로 제작되어 있다. RFID Reader는 주파수 발신을 제어하고 Tag로부터 수신된 데이터를 해독하여 메인컴퓨터에 전송한다. 용도에 따라서는 고정형, 이동형, 휴대형 등으로 구분할 수 있다. RFID Tag는 복제가 불가능하며 사물의 고유정보를 저장하고 있다. 또한 정보의 신뢰성을 보장하며, 표면에 노출되지 않거나 이동 중에도 정보획득이 가능하다. RFID 시스템은 현재 우리 주변에서도 많이 사용되고 있으며, 도서관에서의 도서관리, 대형 매장에서의 도난방지, 스마트 교통카드, 물류창고 등에서 다양한 형태로 이용되고 있다. 현재, RFID 시스템은 저주파수(100~500KHz)부터 초고주파수(2.45GHz)까지 각각 사용하는 주파수 대역에 따라 구분된다.

RFID 시스템에서 Tag의 배터리 보유 유/무, 송신장치 보유 유/무에 따라 상호유도(Inductively Coupled)방식과, 전자기파(Electromagnetic Wave)방식으로 분류할 수 있다. 통상적으로 상호유도 방식은 수동형, 전자기파 방식은 능동형이라 불린다. 수동형 Tag의 경우 자체적으로 배터리를 보유하지 않으며 리더기로부터 수신되는 전파에서 송신 에너지를 얻어 동작한다. 에너지 전달 손실이 적은 최적 설계와 부착 물체의 특성 및 동작환경에 따른 안테나 설계가 필요하다. 능동형 Tag의 경우 자체적으로 내부 배터리 및 송신 장치도 내장하고 있어 스스로 송신할 수 있는 장치이다. UHF(433MHz) 대역의 Reader와 Tag는 Half-duplexing 방식으로 상호 통신을 한다.

RFID에서 수동형 Tag는 현재 대부분 저주파 RFID에서 적용되는 원리로써 전원 에너지 및 데이터 전송이 코일 루프 안테나 전류에 의해 형성되는 자계에너지에

의해 전송된다. 수동형 Tag는 리더에서 수신된 전력에 의해 동작을 하는 관계로 근거리 통신에 주로 사용되며, 감지 거리 또는 데이터 전송거리를 증가시키려면 매우 큰 안테나가 필요하게 된다. 또한, 저주파를 사용하기 때문에 데이터 전송 속도가 느리고 데이터 전송량이 제한된다.

능동형 Tag는 RF 전파 방식으로써 전파통신, 레이더와 같은 전파전송 원리를 적용한다. 리더기에서 전송되는 마이크로파 전자계 신호를 Tag가 반사하며, 반사된 신호를 리더기가 수신하여 정보를 획득한다. 한편, Tag에서 반사되는 신호는 리더기의 반송파 주파수 신호를 Tag의 ID데이터 정보에 의해 변조되어 수신된다. 이 수신된 신호를 복조하여 Tag의 ID정보를 해독한다. 능동형 Tag에서 사용하는 RF 주파수는 UHF 주파수 이상의 전파 신호로써 데이터 전송속도가 빠르고 인식거리도 저주파를 사용하는 수동형 Tag에 비해 크게 증가한다.

다. RFID와 RSSI를 이용한 실내 위치측정 방법

RSSI(Received Signal Strength Indication)는 채널 경로 손실 전달 모델을 사용하여 기본적으로 거리에 따른 신호 감쇠(signal decay)를 표현한다. 즉, RSSI는 신호 세기를 나타낸다. 전송기가 리시버 근처에 있으면 RSSI 신호 값은 클 것이고 그 반대인 경우는 적을 것이다. 위치 추정을 위해서 신호를 받을 수 있는 3개 이상의 리시버가 필요한데 본 연구에서는 4개의 안테나를 사용하였고 이를 리시버가 수집하여 서버에 전달한다. 기본적으로 RSSI 방법은 거리에 따른 신호 세기와의 일정한 관계를 수학적으로 변환하여 사용한다. 이론적으로 RSSI는 전송기와 수신기 사이의 거리를 구하는 함수가 많이 소개되는데 본 연구에서는 감쇠를 고려한 자유공간(free space) 전파 모델에서 신호 전송과 수신사이 전력 비율을 식 (2.1)과 같이 Friis 공식을 이용하여 표현할 수 있다[13].

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

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

실내 환경에서는 전송과 수신 세기의 비율은 다중경로 간섭과 세도우 효과에 민감할 수 있다. 따라서 신호 강도는 자유공간과 다를 수 있게 되므로, 측정된 거리는 특정 경로에서 전력손실을 고려해 임의적인 정규 분포 형식으로 표현할 수 있다.

UHF 900Mhz 수동형을 사용하는 경우에는 하나의 리더기와 4개의 안테나를 사용할 수 있는데 이는 인식 거리가 8m 이내 라는 한계가 있어 이를 뛰어 넘기 위해서는 수동형이 인식 가능한 거리를 측정하여 안테나와 리더기를 추가하여 여러 구역을 만들어 구역별로 관리하면 가능할 것으로 보인다. [표 2.1]에서는 실제 환경에서 태그 5개를 가지고 같은 환경에서 5번을 측정 해 본 결과를 보여 주고 있는데 평균값과 표준편차 값을 보여 주는데 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 이 실험은 노이즈가 없는 상황에서 실시하였다.

[표 2. 1] 5개 태그에 대한 5번 RSSI 측정 결과와 평균값과 그에 대한 표준편차

안테나	태그	횟수					평균	표준 편차
		1	2	3	4	5		
R1	1	-63.77	-63.82	-64.01	-63.66	-63.91	-63.83	0.1335
	2	-70.38	-70.51	-70.22	-70.13	-70.29	-70.31	0.1464
	3	-71.73	-71.45	-71.53	-71.97	-71.88	-71.71	0.2219
	4	-70.25	-70.67	-69.91	-70.96	-70.53	-70.46	0.4017
	5	-65.16	-65.24	-64.77	-64.87	-65.55	-65.21	0.2796
R2	1	-70.23	-70.55	-70.31	-70.15	-70.11	-70.27	0.1744
	2	-73.45	-74.01	-73.71	-72.91	-73.52	-73.52	0.4041
	3	-66.22	-66.51	-66.73	-66.61	-65.87	-66.39	0.3456
	4	-73.16	-72.89	-73.42	-72.95	-73.49	-73.18	0.2698
	5	-69.36	-69.55	-69.26	-68.98	-69.92	-69.45	0.3915
R3	1	-65.80	-65.77	-65.83	-65.87	-65.56	-65.78	0.1210
	2	-55.73	-55.88	-56.02	-55.93	-55.73	-55.86	0.1272
	3	-56.61	-56.53	-56.66	-57.03	-56.59	-56.68	0.1989
	4	-64.65	-64.22	-64.71	-64.59	-65.08	-64.65	0.3070
	5	-61.58	-61.61	-61.39	-62.11	-61.37	-61.61	0.2987
R4	1	-56.39	-55.89	-56.25	-56.43	-56.52	-56.30	0.2470
	2	-92.15	-92.31	-92.07	-91.97	-91.89	-92.08	0.1629
	3	-60.23	-60.25	-60.71	-60.55	-59.92	-60.33	0.3071
	4	-58.99	-59.02	-59.32	-58.77	-58.73	-58.97	0.2361
	5	-74.01	-74.26	-74.15	-74.35	-74.71	-74.30	0.2640



실내위치 추적을 위한 많은 연구가 수행되어 오고 있으며 대표적인 실내위치 추적방법을 비교 분석한 것은 [표 2. 2]에 정리 하였다[14].

[표 2. 2] 실내 위치 추적 방법 비교 분석

System/ Solution	wireless tech.	Localization Algorithm	Accuracy	Complexity	Robustness	Cost
MS RADAR	WLAN, RSS	kNN, Viterbilike	3~5m	Moderate	Good	Low
Horus	WLAN, RSS	Probabilistic Method	2m	Moderate	Good	Low
WhereNet	UHF TDOA	Least Square/RWGH	2~3m	Moderate	Good	Low
Sappire Dart	WLAN(RSS) +Ultrasound	Least Square	less than 0.3m	Poor		Medium/To High
SpotOn	Active RFID RSS	Ad-Hoc Lateration	depends on cluster size	Medium	Good	Low
LANDMARC	Active RFID RSS	kNN	less than 2m	Medium		Low
GSM fingerprinting	GSM Cellur Network	Weighted kNN	5m	Medium	Good	Medium
PinPoint	UHF	Bayesian Approach	1m	High	Good	Low

라. 인공신경망

1) 인공신경망의 정의

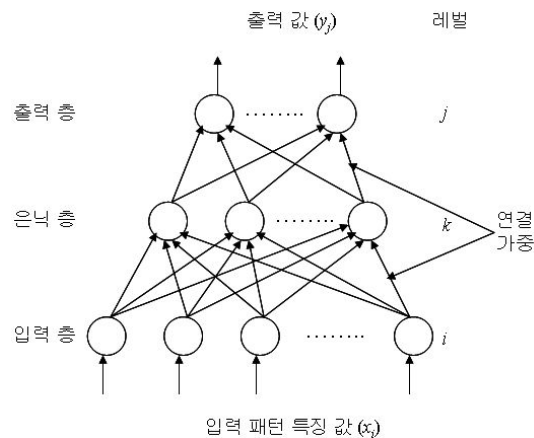
컴퓨터의 발달과 더불어 인간과 같이 계산하고 판단하며, 인식할 수 있는 인공지능을 가진 컴퓨터의 구현을 위하여 많은 노력이 이루어지고 있다. 최근에는 패턴 인식, 의사결정 등에서 컴퓨터보다 우수한 인간의 두뇌를 모방한 신경망에 대한 연구가 가속되고 있다. 인공신경망은 인간의 뇌를 모델로 한 것이기 때문에 신경망의 여러 모델들은 뇌에 대해서 밝혀진 여러 가지 정보들을 이용하여 왔다. 이들 가운데 수많은 신경세포(neuron)들이 시냅스(synapse)를 통하여 망의 구조를

이루면서 여러 가지 기능을 수행하게 된다는 것은 모든 신경망 모델들이 받아들이고 있는 공통된 지식들이다[15, 16].

인공신경망은 Rosenblatt[17]가 1950년 말경에 패턴 분류 학습에 단층 퍼셉트론을 적용한 이후로 계속 연구되어 오고 있다. 그러나 Minsky와 Papert[18]가 단층 시스템으로는 문제를 해결하는 데는 한계가 있음을 발견하고 1970년에 다층 퍼셉트론을 연구하기 시작 했다. 다층 퍼셉트론은 의사결정 시스템 응용 분야 중에서 가장 많이 쓰이는 구조로써 교사학습법에 속한다.

[그림 2. 1]에서 보듯이 다층 퍼셉트론은 각 층에서 처리 소자들인 노드들이 연결된 망(network)으로써 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. [그림 2. 1]에서는 다층 퍼셉트론의 구조를 보여주고 있다. 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.

각 층에 있는 노드들을 연결시켜주는 역할을 해주는 것을 연결강도(connection weight)라 하는데 이는 같은 층에 있는 노드들은 연결할 수 없고 다른 층에 있는 노드들을 연결할 수 있다. 연결강도는 노드에서 출력된 값과 곱해져 연결된 뉴런의 입력이 된다. 연결강도의 크기에 따라 신호의 세기가 결정되어 최종 결과에 미칠 영향이 결정되기 때문에 이는 아주 중요한 요소라 할 수 있다. 인공 신경망에 지능을 넣어주는 학습은 이 연결강도를 적절하게 조절해 어떤 뉴런이 출력에 얼마만큼 영향을 미칠 것인지 결정을 해주게 된다.



[그림 2. 1] 다층 퍼셉트론의 구조

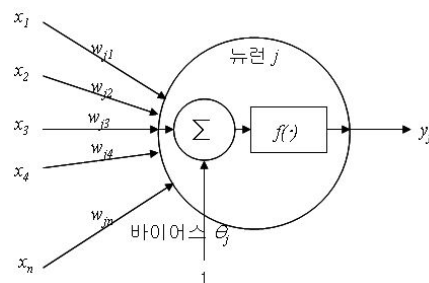
다층 퍼셉트론을 구성하고 있는 각 노드는 [그림 2. 2]와 같이 인공 뉴런으로 모델화 시킬 수 있다. 각 뉴런은 입력된 외부 자극을 합하여 그 결과에 따라서 반응한다. 바이어스와 함께 입력의 가중 합을 활성화 함수에 전달되어 결과를 출력한다. 이러한 과정을 [식 2. 2]와 같이 정의할 수 있다.

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

$$y_j = f(net_j)$$

[식 2. 2]

여기에서 net_j 는 입력(x_1, x_2, \dots, x_n)에 대한 가중 합이다. θ_j 는 바이어스를 의미하며 w_{ji} 는 i 번째 입력과 j 번째 뉴런사이의 연결강도를 나타낸다. $f(\cdot)_j$ 는 j 번째 뉴런의 활성화 함수이며 y_j 는 출력 결과를 의미한다.



[그림 2. 2] 다층퍼셉트론의 노드(인공 뉴런)

뉴런의 반응 여부를 결정하는 활성화 함수는 여러 가지 형태가 있는데 Hyperbolic Tangent Sigmoid 함수는 [식 2. 3]과 같이 정의 된다. 뉴런의 활성화 여부에는 외부 입력뿐 아니라 바이어스도 작용한다.

$$f(net) = \frac{e^{net} - e^{-net}}{e^{net} + e^{-net}} \quad [\text{식 2. 3}]$$

2) 인공신경망 학습과 오류 역전파 알고리즘 (Error Backpropagation Algorithm - BP)

학습은 인공 신경망에 지능을 넣어주기 위함이다. 학습패턴은 입력패턴과 목적패턴으로 나누어진다. 목적패턴은 인공신경망의 출력 값을 의미하는 것은 아니고 특정입력이 주어졌을 때 그 입력 값에 따라 출력되어야 하는 값을 의미한다. 본 연구에서 안테나를 통해 들어온 RSSI 입력 값이 주어졌을 때 그 값들에 대한 절대 위치 값이 우리가 추정하고자하는 정보가 된다.

오류 역전파 알고리즘이라고도 부르는 BP 알고리즘은 순방향 다층 신경망의 학습에 효과적으로 적용할 수 있어서 다양한 분야에 보편적으로 활용되는 매우 중요한 학습 알고리즘이다. BP 알고리즘은 함수 근사화(function approximation)와 패턴인식을 비롯한 많은 분야에 적용되고, 역전파 훈련은 경사하강법 (gradient decent method) 알고리즘이다.

알고리즘은 신경망의 출력 값과 목표 값의 차이를 최소화시키는 방향으로 신경망의 연결 강도를 갱신한다. 이 신경망 한 개의 입력층, 한 개 또는 두개의 은닉층 그리고 한 개의 출력 층으로 구성되어 있다. 인공신경망은 처음부터 원하는 결과를 출력하지 못한다. 이를 학습이라는 단계를 거쳐 연결강도 값을 변화시켜 원하는 영역을 출력하도록 하는 것이다. 본 연구에서는 RSSI 신호 값들이 입력 패턴이고 절대위치 좌표 값이 목적패턴이 된다. 목적패턴과 최종 출력 값을 비교하여 에러를 구하고 이를 기준으로 연결강도의 조절량을 결정한다. 여기에서 구해진 조절량만큼 연결강도를 조절하여 이를 원하는 정도의 에러를 가질 때 까지 반복한다.

연결강도를 조절하는 방법이 여러 가지가 있으나 일반적으로 목적패턴과 출력값 사이의 오차를 바탕으로 수행한다. 이렇게 연결강도를 조절하는 과정을 학습 규칙이라 한다. 본 논문에서는 학습에서 가장 많이 사용하는 오류 역전파 알고리즘(Error Backpropagation Algorithm- BP)을 사용한다. 일반적인 인공신경망의 동작과 학습 방법을 정리하면 [표 2. 3]과 같다.

[표 2. 3] 인공신경망 학습

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> [1] 응용목적에 맞는 신경망을 결정 [2] 목적에 따른 학습 패턴과 목적 패턴을 확보 [3] 신경망의 연결강도를 초기화 [4] 신경망에 입력패턴을 입력 [5] 출력값을 계산 [6] 출력 값과 목적패턴과 비교하여 오차를 구함 [7] 오차가 원하는 정도이면 학습을 멈추고 아니면 다음 단계로 이동 [8] 선택한 학습규칙과 단계 6에서 계산한 오차를 이용해 연결강도를 조절 하고 단계 4로 이동 |
|---|

학습하는데 있어서 어떤 뉴런의 활성이 다른 뉴런의 잘못된 출력을 하는데 영향을 미쳤다면 두 뉴런간의 연결강도를 그것에 비례하여 조절해주어야 하고 그러한 과정은 그 아래에 있는 다른 뉴런들까지 계속된다. 일단 다층 퍼셉트론의 구조가 결정되면 그 신경망의 연결강도가 학습 패턴과 목적패턴을 기본으로 한 학습을 통해 변경된다. 오류 역전파 알고리즘은 다중퍼셉트론 학습을 위한 가장 일반적이고 간단한 방법이다[19]. 오류 역전파 알고리즘의 핵심은 [표 2. 4]와 같다.

[표 2. 4] 오류 역전파 알고리즘

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> [1] 연결강도를 난수를 사용해 초기화 [2] 다음을 원하는 결과가 나올 때 까지 반복 (오류가 원하는 값 이하로 되거나 기울기 $\partial E(t)/\partial W$가 원하는 값 이하일 때까지) <ul style="list-style-type: none"> [2.1] 식 $\Delta W(t) = -\eta \frac{\partial E(t)}{\partial W}$ 을 계산 [2.2] 연결강도를 갱신 : $W(t+1) = W(t) + \Delta W(t)$ [2.3] 오류를 계산 : $E(t+1)$ <p style="margin-left: 40px;">t : 반복 횟수, W : 연결강도, η : 학습률, E : 오류</p> |
|--|

여기에서 오류는 평균자승오차(Mean Square Error : MSE)함수를 이용하여 실제 출력(y_j)과 목적패턴(d_j)의 차이로 구할 수 있다. 이를 수식으로 나타내면 [식 2. 3]으로 표현된다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m (d_j - y_j)^2 \quad [\text{식 2. 4}]$$

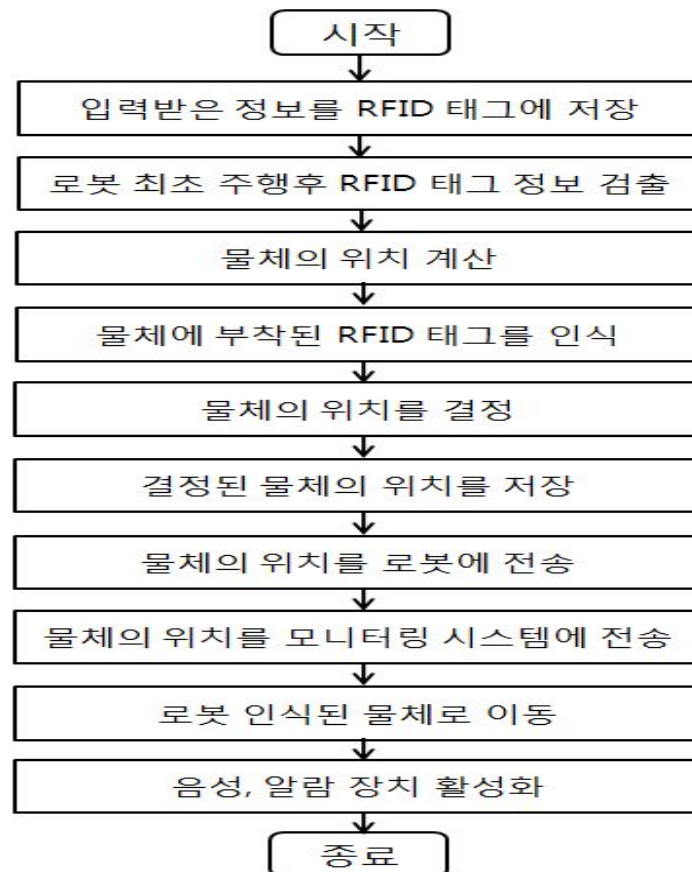
학습을 해나가는데 있어서 순차 학습 전략(incremental training strategy)과 일괄 학습 전략(batch training strategy)이라는 두 가지 전략이 있다[20, 21]. 일반적으로 순차 학습 전략이 효율적이고 학습 데이터가 많은 경우에 학습이 빨리 이루어진다. 학습패턴은 랜덤하게 고루 분포시켜야 지역적인 최소 점을 벗어날 수 있다.

BP 알고리즘을 이용하여 신경망을 학습하는데 있어서 학습률은 신경망의 구조나 응용목적에 따라서 다르지만 일반적으로 0.001에서 10사이의 값을 사용한다. 급격하고 좁은 오차 최소 점을 찾는 문제에서 학습률로써 큰 값을 사용하면 학습이 빠르게 진행될 수 있지만 오차 최소 점에 도달하지 못하게 되어 학습이 이루어지지 않을 수 있다. 반대로 너무 작은 값을 학습률로써 사용하면 결과적으로 오차 최소 점에 수렴할 수는 있지만 학습해나가는 과정에서 연결강도 변화량이 아주 적게 되어서 전체 학습하는 시간이 길어질 수 있다. 따라서 원하는 응용목적에 대해서 여러 가지의 학습률을 사용하여 학습한 후 그 결과를 비교하여 최적의 학습률을 선택하는 것이 좋다[22].

제 3 장. 지능형 위치 추정 시스템

본 연구에서 제안한 물건 찾는 로봇의 시스템 프로세스는 [그림 3. 1]과 같다. 입력받은 정보를 RFID 태그에 저장한 후, RFID 태그 정보를 획득하기 위해서 로봇이 일정 패턴으로 집안을 한 번 주행한 후 물체 정보를 검출한다. 인식되지

않는 태그 정보는 로봇에 전송한 후, 혼합 측위 알고리즘을 이용하여 위치를 계산하게 된다. 물체의 위치 정보를 로봇과 모니터링 시스템에 전송한 후, 사용자가 찾고자 하는 물건의 좌표값으로 로봇 이동후 음성, 알람장치를 활성화 한다.

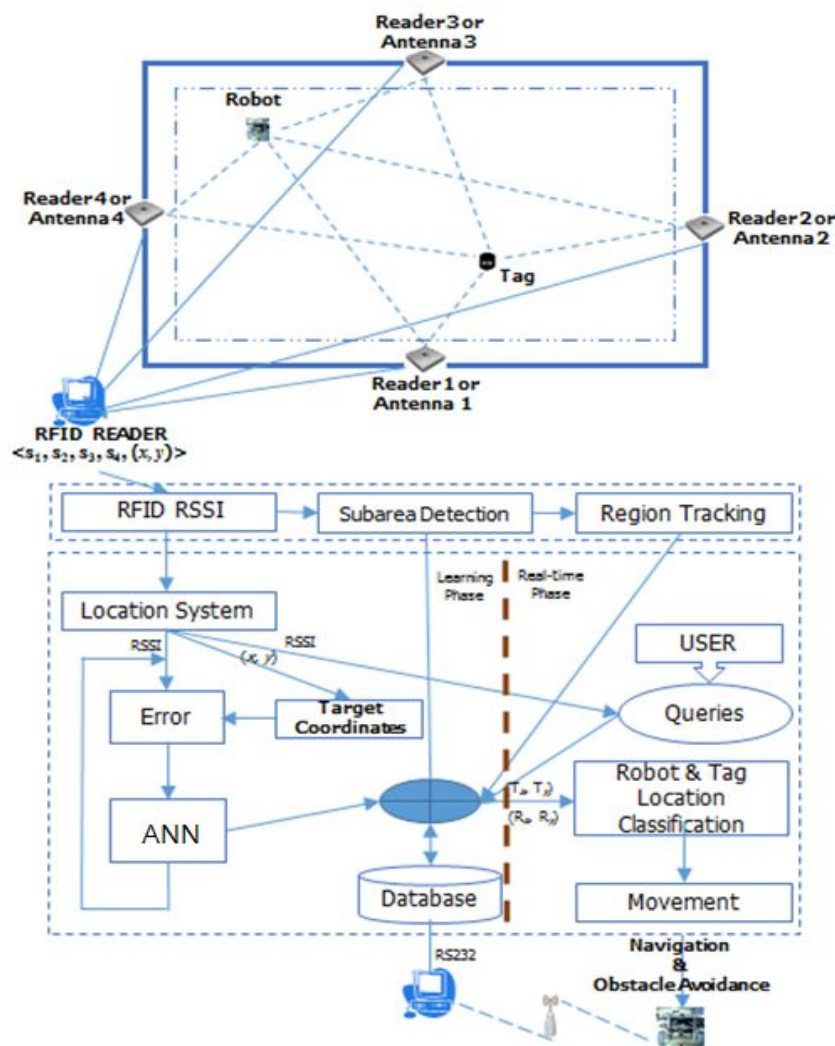


[그림 3. 1] RFID 기반 물건 찾는 지능형 로봇의 진행 프로세스

가. 시스템 구성

본 연구에서 설계하고자 하는 시스템은 태그, 안테나, 리더기, 서버로 구성된다. 수동형을 사용하는 경우, 각 안테나를 RFID 리더기에 연결하고 리더기를 서버에 연결한다. 태그는 안테나와 무선으로 통신을 하게 되는데 리더기는 안테나를 통하여 태그의 고유 정보(ID)와 신호 세기(RSSI)를 가져와 서버에 전달한다. 서버는 수집된 태그 정보를 저장하고 신호 세기를 이용하여 태그의 위치를 계산한다. 태그의 위치를 파악하기 위해서 학습 단계에서 임의의 많은 태그와 위치 정보를

이용한 퍼지-신경망을 학습 시킨다. [그림 3. 2]는 실내에서 위치 추정을 할 수 있는 지능형 시스템 구성 도를 보여주고 있다. 그림 상단은 태그가 부착된 로봇과 객체들이 있는 공간으로써 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 값을 이용해서 태그의 위치를 추정(우측 Real-time Phase)할 수 있도록 한다. 여기에서 제안한 모델은 수동형 RFID 환경을 제시하였다. 만일 능동형 RFID를 사용하는 경우에는 그림 상단에서 안테나를 능동형 리더기로 교체해주면 넓은 지역에서 사용이 가능할 것이다.



[그림 3. 2] RSSI를 이용한 위치 추정 시스템 (상단: 센서공간, 하단 : 시스템구조)

나. 위치 추정 기술

제안한 시스템은 위치 추정을 위해서 전송된 RSSI 신호 값들과 위치 추정을 위한 학습된 샘플들 사이의 매칭이라 할 수 있다. 외부 무선 통신 시스템을 이용한 모니터링 시스템 개발을 위해 RFID 태그 정보를 리더를 통해 수집하고, 수집된 정보를 가공, 검색, 관리하는 실시간 모니터링 시스템을 설계한다. 시스템은 [그림 3. 2]에서 볼 수 있듯이 학습단계인 Learning Phase(Off Line)와 위치 추정 단계인 Real-time Phase(On Line)로 나눌 수 있다.

1) 학습단계 (Learning Phase : Off Line)

교사학습을 이용한 분류법은 RSSI 측정값과 그에 대한 위치정보를 이용하여 학습한 후 원하는 물건과 로봇의 위치를 추정하는 방법이다. 이 방법은 오류를 최소화 하기위해 RSSI 값을 여러 번 읽어 오는데 따른 시간 지연이 생길 수 있다. 따라서 분류법의 선택이 중요한 요소일 수 있다. 또한 주어진 환경에서 특징들은 의사 결정을 하는데 중요한 역할을 한다. 즉, 모든 RSSI 값들은 입력 집합으로 제공되고 그에 따른 위치 정보가 타겟 정보로 사용된다.

학습을 위해 사용 환경의 여러 위치에서 RFID 태그의 RSSI 신호 값들을 측정한 값들과 그에 대한 위치 좌표 정보를 데이터베이스에 저장한다. 각 레코드의 값의 형태는 [그림 3. 2]에서 RFID READER가 4개의 안테나로부터 읽어온 데이터와 그에 대한 위치 정보를 $\langle s1, s2, s3, s4, (x,y) \rangle$ 형태로 표현할 수 있다. (x,y) 는 학습데이터의 위치 좌표(목표 좌표)이며 $s1, s2, s3, s4$ 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.

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

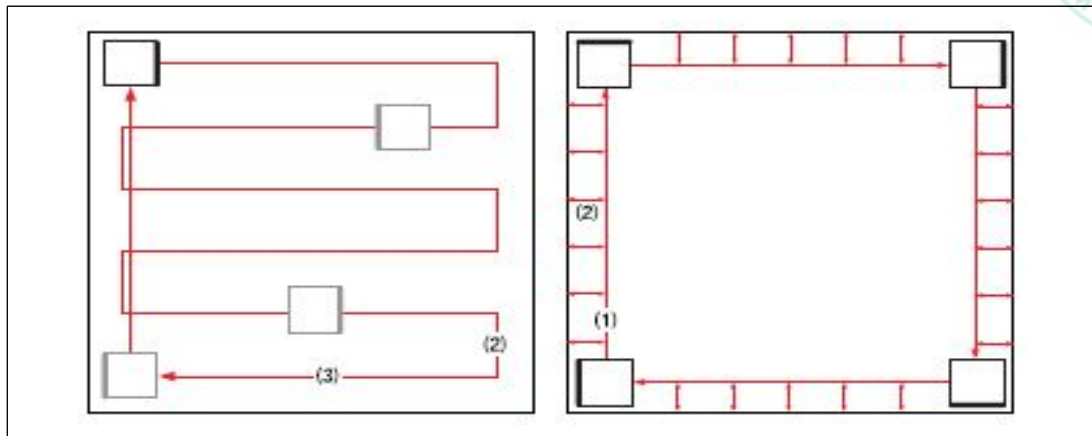
태그들의 RSSI 신호 값들만 리더기나 안테나가 읽어와 학습된 시스템에 적용하면 그 시스템은 위치 추정을 위해 학습된 데이터베이스를 이용해 추정된 위치 값을 제공한다.

로봇은 외부 통신망을 통해 항상 연결이 되며, 로봇의 이동성을 지원하는 네트워크 연동모듈, 원격서버에서 지시한 제어명령을 수행하기 위한 시스템 제어기가 포함되며, 로봇내비게이션을 위한 경로탐색, 로봇위치인식, 행동제어모듈 등을 포함한다. 모니터링 시스템은 외부 애플리케이션의 요청에 대해 선택적인 위치정보 제공의 기능을 가지며 다양한 물체에 부여된 독립된 좌표공간을 서비스 공간상의 단일좌표계로 변환하는 기능을 제공한다.

3) 모바일 로봇의 이동

[그림 3. 2]에서 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 계산하여 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.

이동방식 최적 경로 알고리즘(path planning) 설계를 위해서 본 연구에서는 로봇 이동의 최적화를 위해서 빠른 시간 내에 작업 공간에서의 최적 경로를 생성한다. 이동 로봇의 실시간 최적 경로 계획을 위해 전역 경로 계획을 수립하여 장애물 지역과 비장애물 지역을 확인하고, 지도상의 노드점과 노드점을 이용하여 출발 지점과 도착 지점 사이의 기본 경로를 생성한다. 그리고 기본 경로에서 세 개의 노드점을 이용하여 대각선 경로를 생성하는 최적 경로 알고리즘을 설계한다.



[그림 3. 3] 로봇의 경로 패턴 최적화

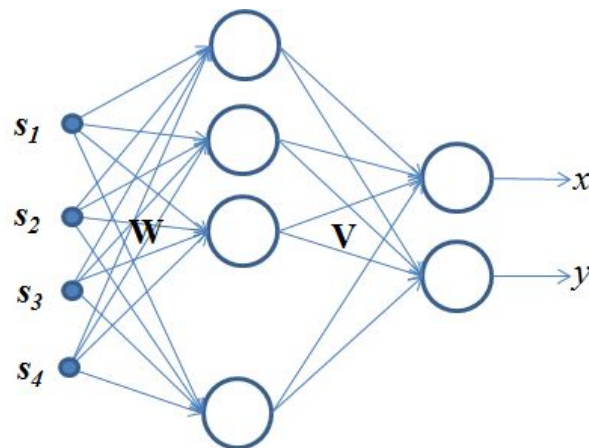
RFID 시스템에서의 위치확인을 위해서 실시간으로 태그의 위치를 확인하여 로봇에 전송해야 한다. 이때 실시간의 빠른 위치 인식이 필요하고 RFID 호환을 위한 추가 하드웨어는 고려하지 않는다. RSSI 측정 알고리즘은 수신기에서 수신한 전파의 세기가 거리에 따라 달라지는 점을 이용하여 비컨과 수신기 사이의 거리를 측정하는 방식이다. 물건의 위치 좌표가 도출되며, 위치 좌표의 형식은 x좌표와 y좌표 형태로 로봇에 전송된다.

로봇이 자율 주행을 하기 위해서는 먼저 원하는 로봇의 ID가 주어진 환경 내에 있는지를 알아내야 한다. 로봇의 위치를 찾기 위해서는 그 ID를 포함한 태그에서 보내준 RSSI값을 안테나를 통하여 리더가 읽어온다. 마지막으로 모바일 로봇이 향하는 각도를 알아야 원하는 위치로 향할 수 있게 한다. 그 결과로, 이동 로봇은 서버 PC의 저장 장치에 이러한 태그의 위치 정보를 저장한다. 같은 방법으로 원하는 물건의 위치를 찾아 위치 정보를 저장한다. 서버는 로봇에게 물건이 있는 장소로 이동하도록 명령한다. 태그들은 제한된 구역에 랜덤하게 분포되어 있기 때문에, 이동 로봇의 움직임은 주어진 환경의 모든 영역에 도달 할 수 있도록 해야 한다.

모든 태그의 위치 정보는 x와 y 좌표의 절대 값으로 사용된다. 바닥이 사각형 모양의 2차원 공간을 실험을 위해 사용한다. 사각 공간의 남쪽을 기준으로 해서 시계 반대 방향으로 RFID 안테나 4대를 설치한다.

다. 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 2. 1]을 [그림 3. 4]와 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 학습규칙이라 하는데, 본 논문에서는 학습에서 가장 많이 사용하는 오류 역전파 알고리즘(Error Backpropagation Algorithm- BP)을 사용한다.



[그림 3. 4] RSSI 입력 값 (s)과 위치 좌표(x, y)를 출력으로 하는 신경망 구조

학습하는데 있어서 어떤 뉴런의 활성이 다른 뉴런의 잘못된 출력을 하는데 영향을 미쳤다면 두 뉴런간의 연결강도를 그것에 비례하여 조절해주어야 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 방법으로 알려져 있다.

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.

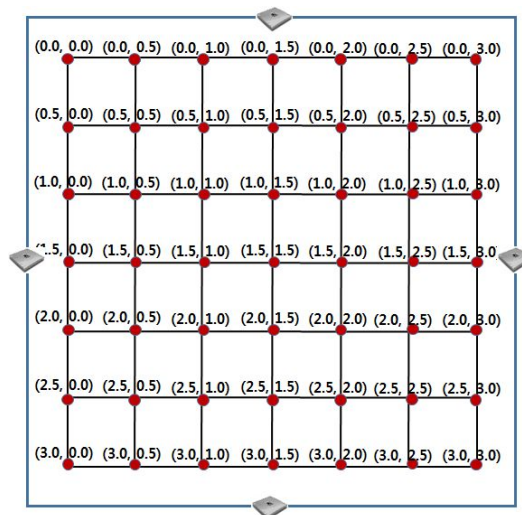
[식 2. 3]을 제안한 시스템에 맞도록 수정하면 [식 3. 1]로 표현할 수 있다. 학습을 위해 t번째 입력 데이터는 $\mathbf{s}^t = (s_1^t, s_2^t, s_3^t, s_4^t)$ 로 표현할 수 있다. 입력과 그에 대한 목표 값의 학습 데이터 쌍은 $\{(\mathbf{s}^t, x_k^t, y_k^t), k=1 \text{ to } N\}$ 로 표현할 수 있다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N (x_k - x_k^t)^2 + (y_k - y_k^t)^2 \quad [\text{식 3. 1}]$$

제 4 장. 시스템 구현 및 실험 결과

가. 테스트베드 실험

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 4. 1]에서 보여주고 있다. 그림에서 각 셀은 50cm x 50cm 지점에 위치에 49 셀로 구성되어 있고, 시스템 구현 상 좌측 상단이 (0,0)위치가 된다고 가정한다.



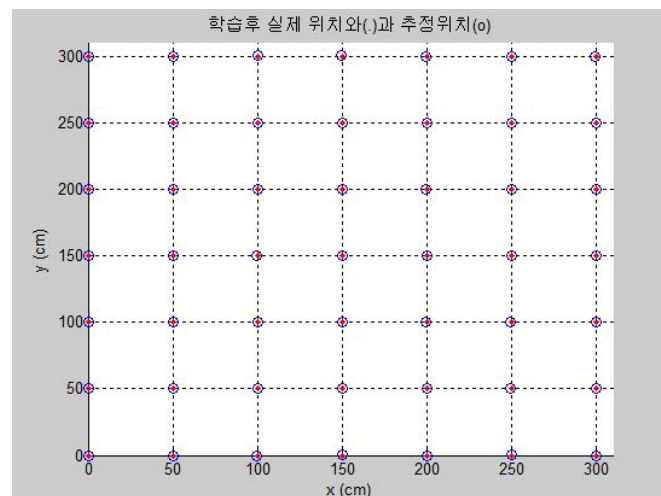
[그림 4. 1] 실험 테스트 베드 환경

시뮬레이션에서는 신호세기가 안테나의 거리와 비례한다고 가정하여 실험 데이

터베이스를 구축하여 학습과 테스트를 실행하였다. [그림 4. 1]에서 보듯이 태그는 각 셀에 위치되어 있다고 보고 안테나는 두 코너 사이의 중간 지점에 설치되어 있다. 각 안테나는 주어진 환경 안에 뿌려져 있는 태그들로부터 RSSI 값들과 실제 위치 정보를 읽어와 리더기를 통해 서버에 정보를 전달하여 위치 추정을 위한 학습 데이터로 사용한다.

나. 학습 데이터를 이용한 실험

학습 데이터베이스를 이용해 학습한 후 이를 테스트 데이터로 사용하여 실험하였다. 여기에서는 각 셀의 RSSI 값들을 읽어와 실제 위치와 추정위치의 결과를 [그림 4. 1]의 테스트 베드 환경을 구현하였다.

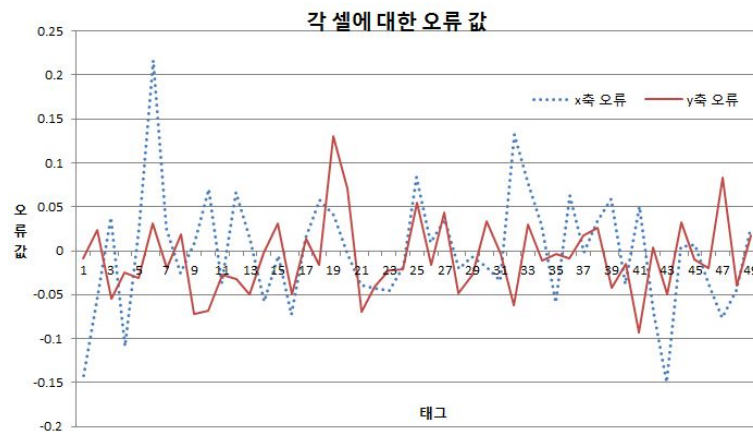


[그림 4. 2] 200개 학습 데이터를 이용해 학습 시킨 후 [그림 4. 1]의 각 셀을 위치 추정 후 결과

[그림 4. 2]에서는 200개의 학습 데이터를 테스트 베드에서 임의로 생성하여 학습 시킨 다음, [그림 4. 1]에 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 4. 3]에서도 확인 할 수 있듯이 오차가 거의 나지 않고 위치가 추정됨을 볼 수 있다.

[그림 4. 3]에서는 [그림 4. 1]과 [그림 4. 2]에 나타난 각 셀의 실제좌

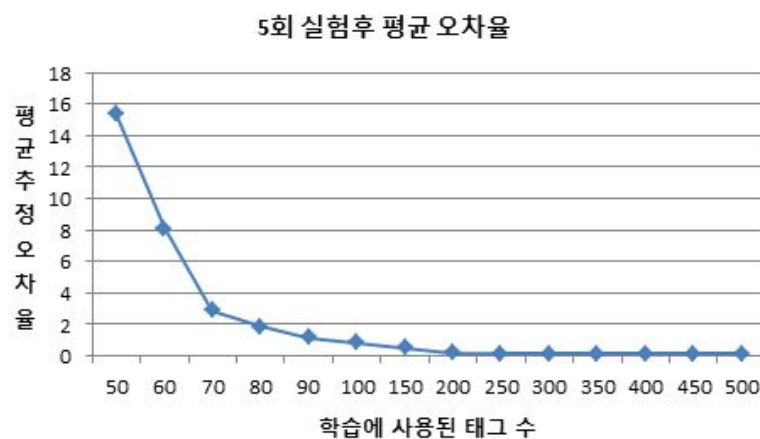
표와 추정 좌표 값에 대한 x와 y 좌표들의 차이를 그래프로 나타내었다.



[그림 4. 3] [그림 4. 1, 4. 2]의 각 실제 셀의 위치와 추정 값의 좌표 값의 차이

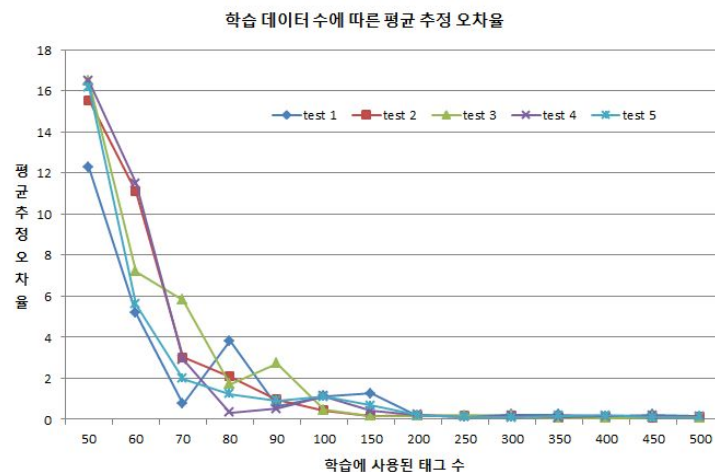
다. 학습데이터(참조 태그) 수에 따른 위치 추정 오류 값의 변화

신경망에서 위치 추정을 위한 학습을 수행할 때 학습 데이터 수에 따른 오차를 변화를 조사하기 위해서 50, 60, 70, 80, 90, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500개의 학습데이터를 이용해 학습한 후의 오차율을 계산하였다. [그림 4. 4]에 의하면 학습데이터를 200개 정도 사용하면 학습오차를 허용 범위 이하 (0.19879)로 떨어 졌음을 알 수 있다.



[그림 4. 4] 학습데이터 수에 따른 오차율 - 학습데이터 이용 시

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 4. 5]에서 확인할 수 있다.

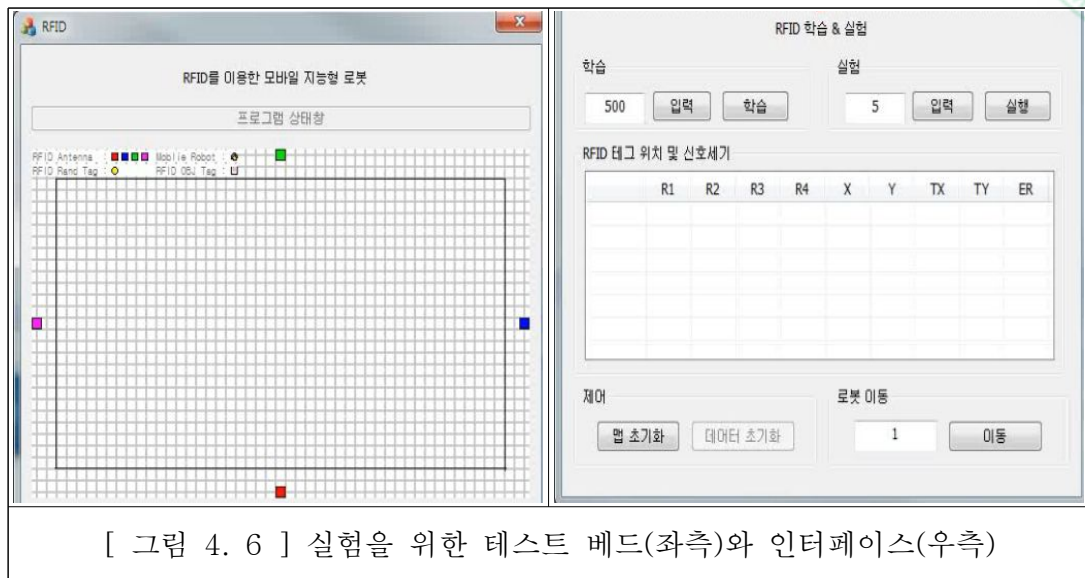


[그림 4. 5] 학습 데이터 수에 따른 평균 위치 추정 오차율

라. 소프트웨어 시뮬레이션

1) 학습 데이터베이스 생성 및 학습

[그림 4. 6]은 [그림 4. 1]의 테스트 베드를 실제 태그의 위치 추정을 위한 실험 환경으로 구현한 것이다. 이 테스트 베드의 좌측은 [그림 3. 2]의 상단과 유사한 환경으로 만들어 놓았고, 우측은 사용자가 실험을 위해 정보를 입력하고 그에 따른 결과를 확인 할 수 있도록 마련하였다. 사용자가 임의로 태그를 필드에 뿌려주고 이와 관련된 절대 좌표위치를 이용하여 학습을 할 수 있도록 되어 있다.

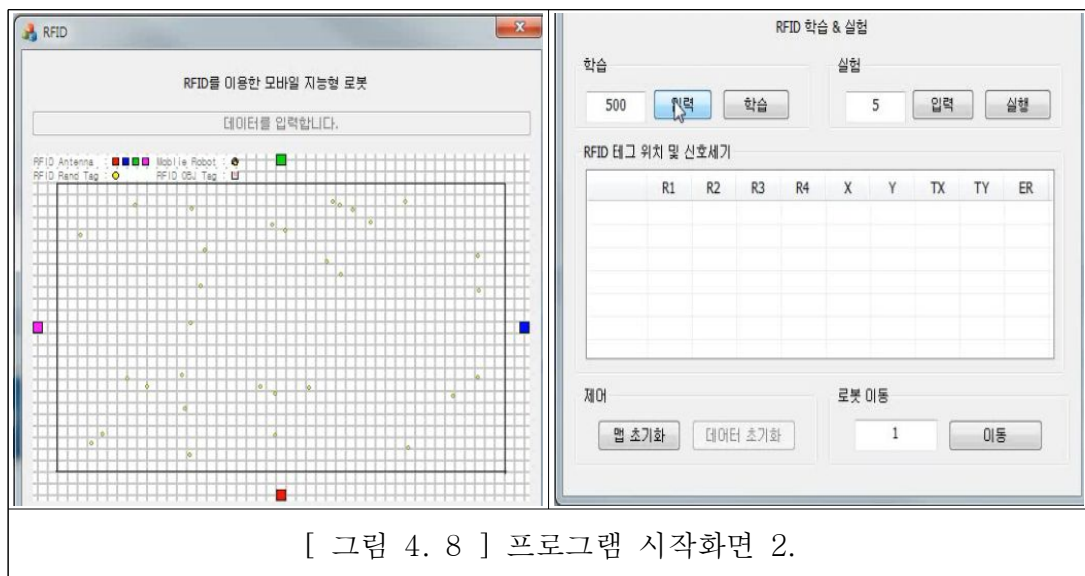


[그림 4. 7]은 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 프로그램을 실행 했을 때의 화면으로써 사용자가 직접 상호작용을 통해 과정 및 결과를 확인 할 수 있도록 구현되었다. 프로그램상의 기능의 설명은 다음과 같다.

- ① 프로그램의 현재 진행상황 상태 창을 나타낸다.
- ② Tag의 위치에 따라서 로봇이 어떻게 이동하는지 상태를 나타내는 맵이다.
- ③ 임의의 Tag를 랜덤하게 일정개수를 추출하여 데이터를 입력하고 학습시킨다.
- ④ 모의 실험할 Tag의 개수를 입력하여 미리 학습시켜놓은 Tag의 데이터와 오차를 비교한다.
- ⑤ ⑥번 맵의 상태를 나타내주는 표이다.
 - < R1 , R2 , R3 , R4 > = RFID 안테나 신호 세기이다.
 - < X , Y > = 임의로 추출한 RFID 태그의 이차원상의 공간좌표이다.
 - < TX , TY > = 학습시킨 데이터를 토대로 RFID 안테나 신호 세기만을 가지고 나온 이차원상의 공간 좌표이다.
 - < ERR > = < X , Y >와 < TX , TY > 의 오차율이다.

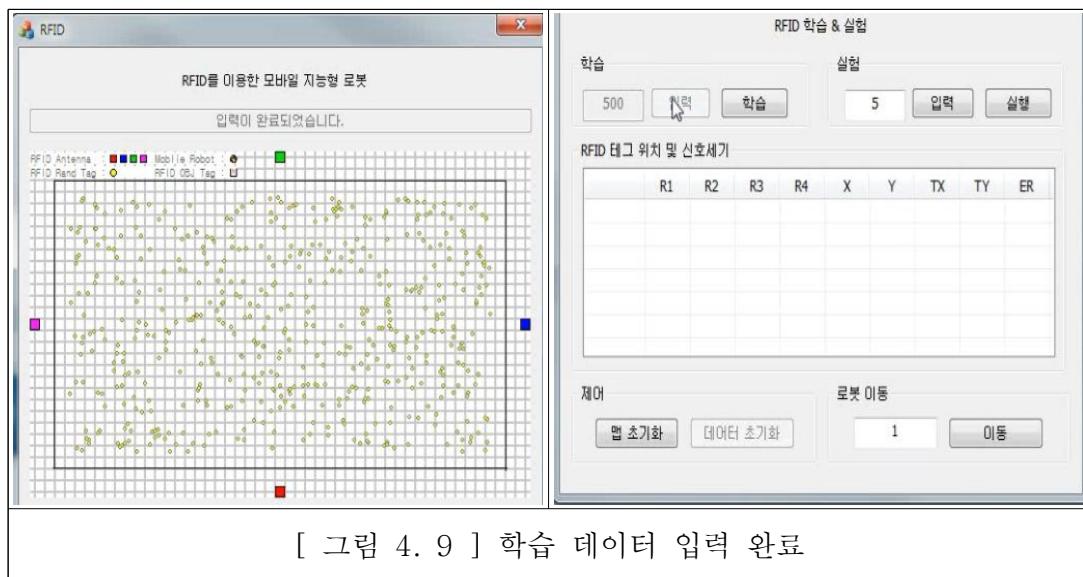


좌측 실험 환경의 테스트 베드에 학습을 위해 임의의 태그를 랜덤하게 뿌려주기 위해 원하는 태그 수만큼의 숫자를 입력해주면 된다. [그림 4. 8]의 화면에서 500이라는 숫자를 입력한 후 입력 버튼을 클릭하게 되면 [그림 4. 9]와 같이 태그가 테스트 베드에 뿌려지게 된다. 이는 학습을 위해 RSSI 신호 세기와 그에 따른 절대좌표가 학습을 위해 준비된 상태라 할 수 있다.

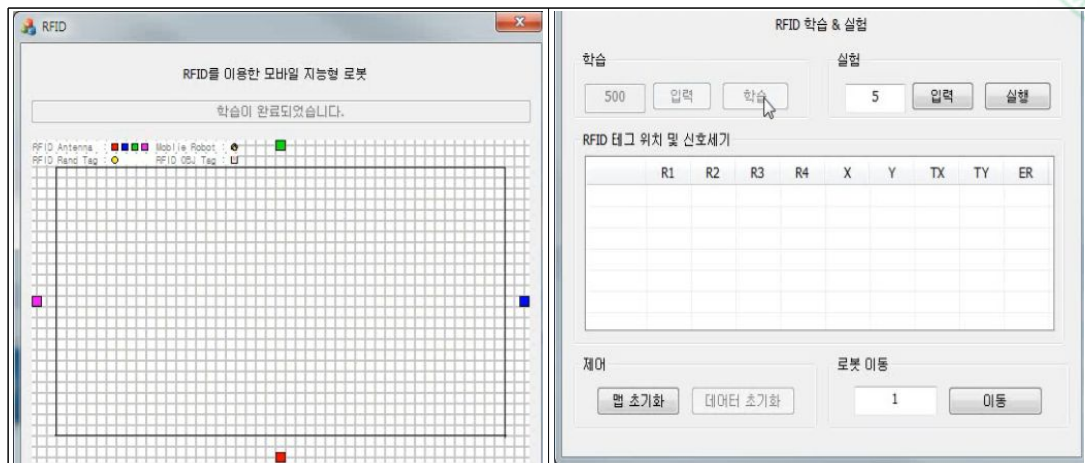


[그림 4. 9]의 좌측 테스트 베드는 500개 학습데이터가 실험 환경 안에 랜덤

하게 고루 생성되어 점으로 표시되어 있는 것을 볼 수 있다. 여기에서 나타난 점이 태그 위치를 의미한다. 사용자가 우측 인터페이스를 통하여 입력한 값들에 따라 좌측 테스트 베드에 관련 내용이 표시된다. 시스템에 적용된 관련 정보는 그림 우측에서 확인이 가능하다. 학습데이터가 생성된 후 베드 위의 상태 창에 “입력이 완료되었습니다”라는 메시지를 보여준다. 내부적으로는 안테나로부터 들어오는 각 태그의 신호세기 정보와 그에 대한 타깃 위치정보가 마련되었다 할 수 있다.



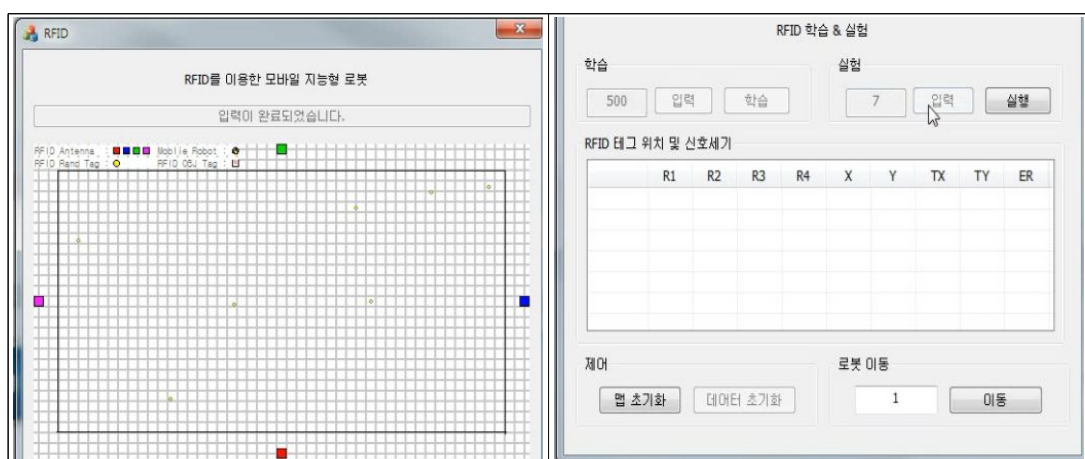
생성된 학습 데이터를 신경망을 이용해 학습시키기 위해 “학습”이라는 아이콘을 클릭하게 되면 학습이 시작된다. [그림 4. 10]에서 보듯이 학습이 끝나면 상태 창에 “학습이 완료되었습니다”라는 메시지를 보여주어 학습이 끝났음을 알려 준다. 학습이 끝난 후에는 테스트 베드에 있는 학습데이터는 모두 사라지고 이제 실시간 위치 추정을 할 수 있도록 준비가 되었다는 의미가 된다.



[그림 4. 10] 학습이 끝난 후의 테스트 베드 - 학습과 관련 아이콘들은 모두 희미해짐

2) 로봇과 물건의 위치 찾기 및 자율이동

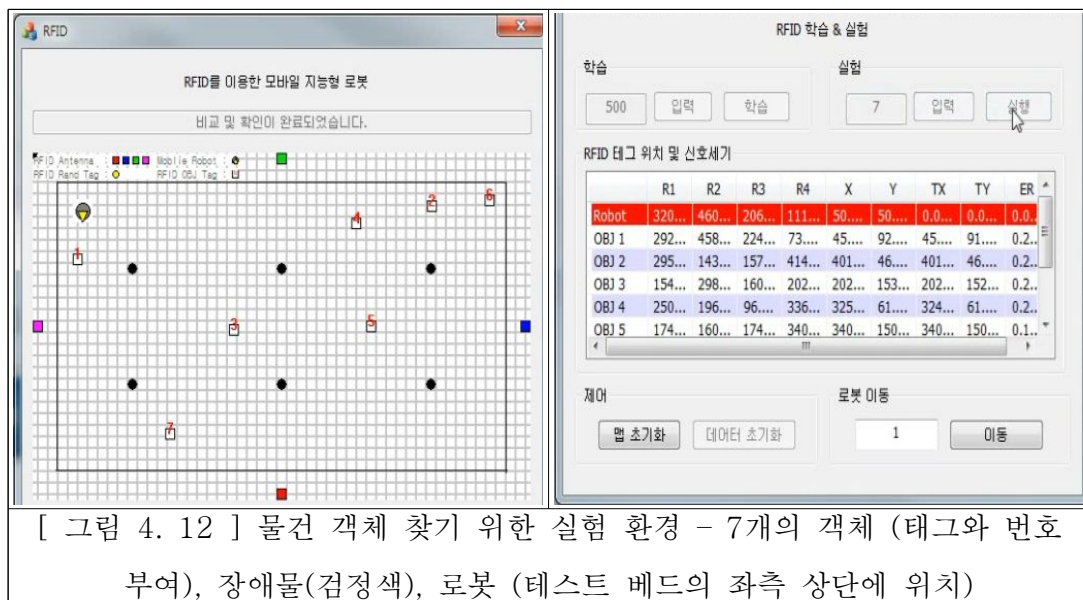
학습이 끝난 후, 실험을 위해 원하는 개수만큼의 태그 수를 실험 필드에 원하는 태그수를 입력한후 “입력” 버튼을 클릭한다. 좌측 테스트 베드에 입력한 개수만큼의 태그들이 점으로 [그림 4. 11]과 같이 나타나게 된다. 본 실험에서는 테스트를 위해 7개의 태그를 생성하여 실험하였다. 상태창에는 “입력이 완료되었습니다”라는 메시지를 보여준다. 우측의 RFID 태그위치 및 신호세기 창에는 아직 아무런 정보를 제공하지 않고 있다. 이는 아직 시스템을 실행하지 않았다는 것을 의미한다.



[그림 4. 11] 찾고자 하는 태그들을 생성 - 7개의 태그들이 테스트 베드에 생성됨

학습된 시스템으로 태그가 부착된 객체의 위치를 추정하기 위해서 실험 창에서 “실행”이라는 아이콘을 클릭하게 되면 학습된 시스템이 작동하게 된다. [그림 4. 12] 학습된 시스템은 각 태그들의 위치 정보를 추정하여 RFID Data Table에 로봇의 현재 위치와 태그가 부착된 물건 객체들의 위치를 추정하여 좌표 값으로 보여준다.

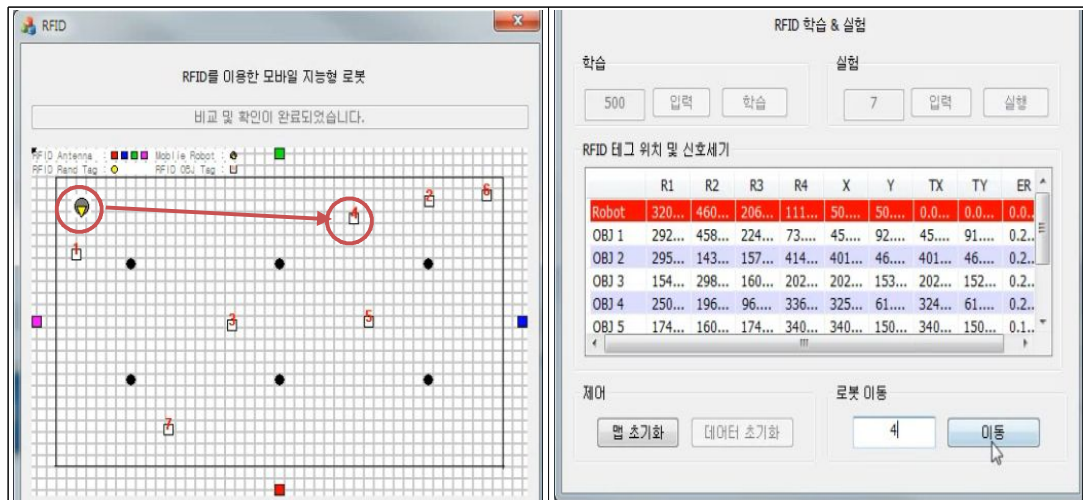
이 테이블에서는 실험결과를 확인하기 위해 [그림 4. 12] 에서와 같이 신호 세기, 실제위치, 추정된 위치, 그리고 그에 대한 위치추정 오류 값을 보여준다.



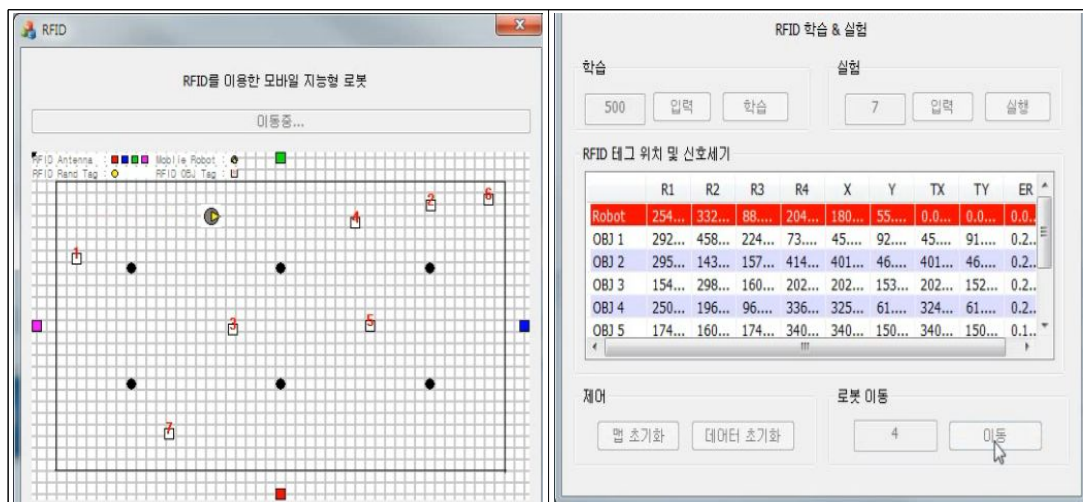
[그림 4. 12]를 보면 좌측 상단에 태그를 부착한 로봇이 위치하고 있음을 볼 수 있다. 앞에서 생성한 태그는 우리가 찾고자 하는 물건이라 가정하고 편의를 위하여 고유번호를 할당하였다. 로봇과 각 객체에 대한 시스템 추정 값은 우측에 테이블 형태로 제공한다. 테이블 첫 번째 행에 로봇의 RSSI 값, 위치 추정 위치 값, 실제 위치 값, 그리고 오차 값을 보여준다. 다음 행들은 물건 객체와 관련된 정보를 열거하고 있다. 베드 안에는 원 형태의 장애물을 여러 개 배치하였다. 본 시스템에서 사용자가 실행 오차를 눈으로 확인할 수 있도록 실제위치 정보도 제공하고 있다.

먼저 장애물이 없는 태그의 위치로 로봇이 이동하는 과정을 [그림 4. 13]에서 보여주고 있다. 이 실험에서는 태그번호가 4번으로 이동시키는 과정을 보여 준

다. 이를 위해 로봇이동의 필드에 원하는 번호를 입력하고 “이동”버튼을 클릭하면 된다. 현재 로봇이 원하는 태그 방향으로 이동 중인 화면이 [그림 4. 14]에서 확인 할 수 있다.

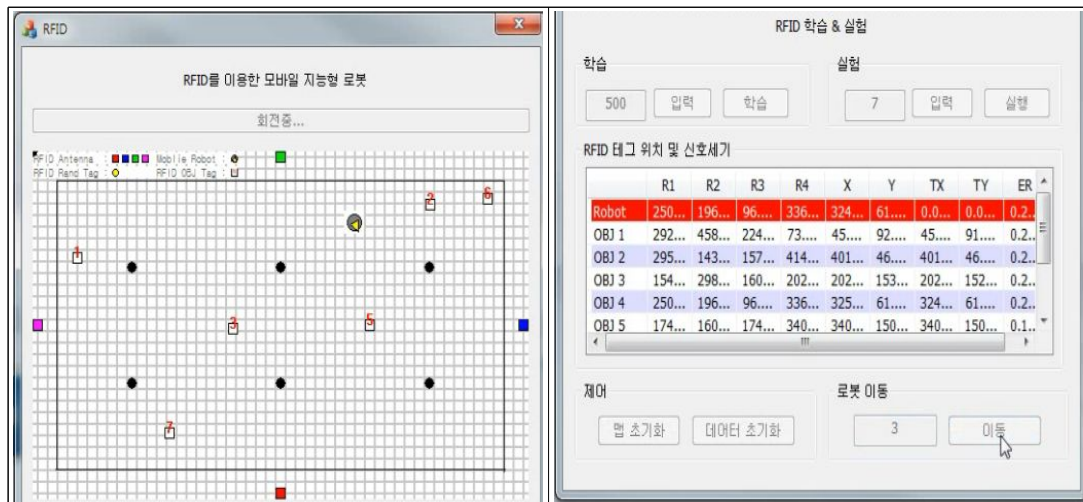


[그림 4. 13] 4번 태그를 갖는 객체로 로봇 이동 (무(無)장애물)

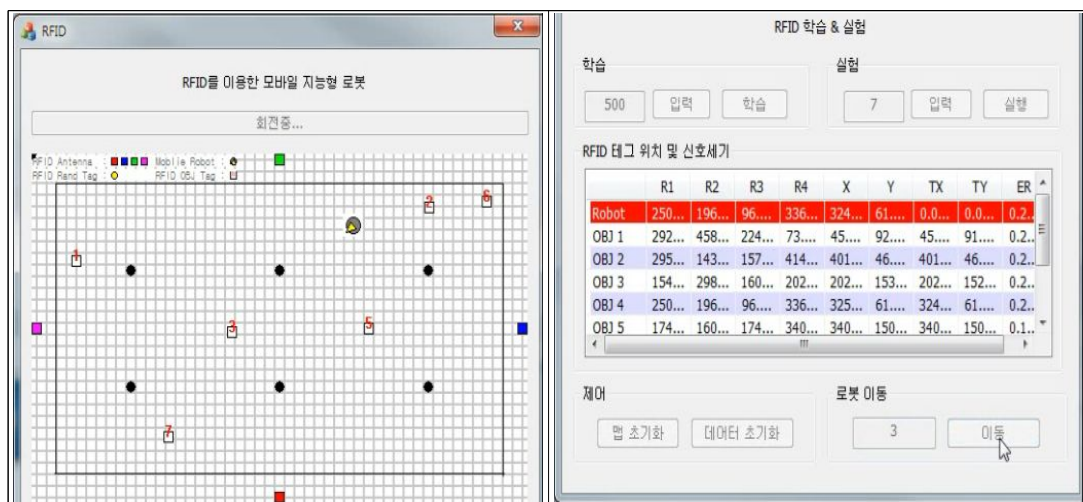


[그림 4. 14] 로봇이 4번 태그를 부착한 객체로 이동 중 (무(無)장애물)

이동하기 위해 이차원상의 공간좌표로 이동을 위해 제자리에서 회전을 하여 현재 로봇의 방향을 목적지의 방향으로 맞춘다. [그림 4. 17]에서는 로봇이 원하는 객체 방향으로 회전하고 있는 모습을 보여주고 있고 [그림 4. 18]에서는 객체가 있는 방향으로 회전 한 후의 모습이다.



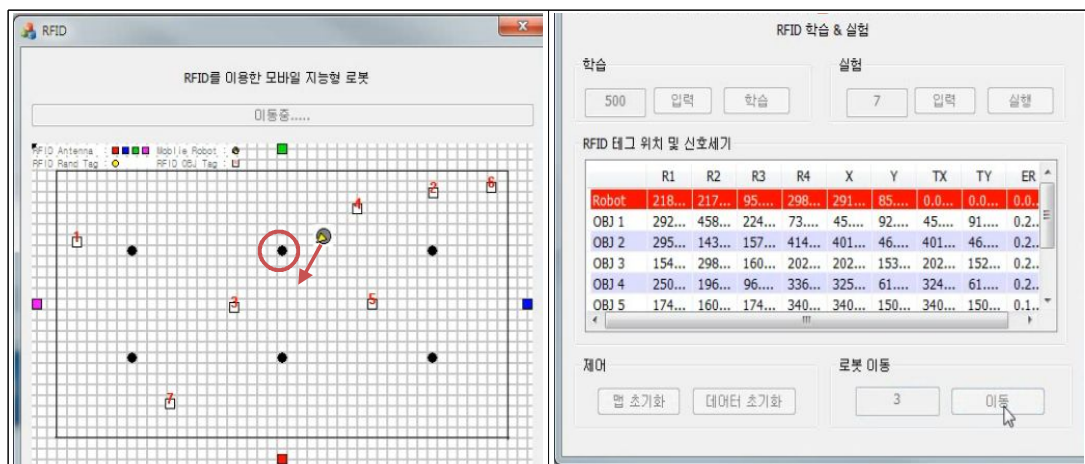
[그림 4. 17] 로봇이 객체가 있는 방향으로 회전 중



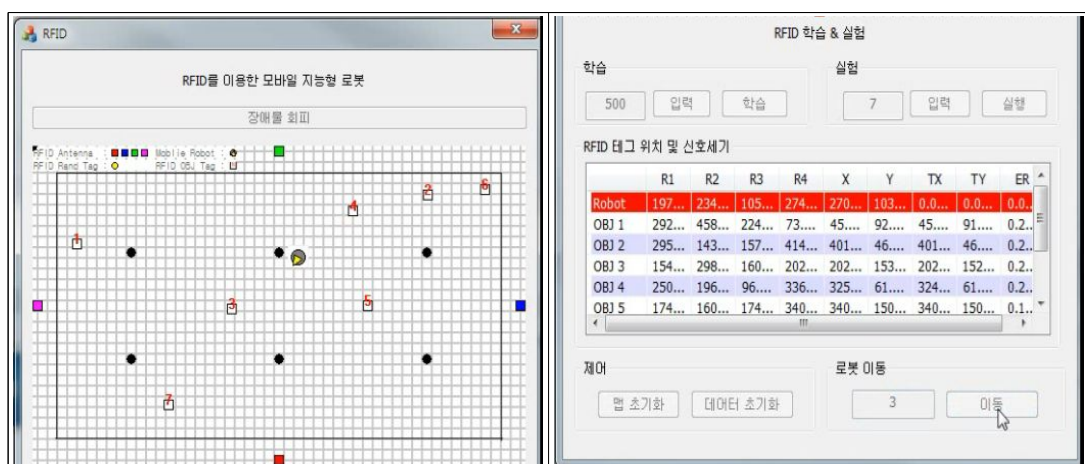
[그림 4. 18] 로봇이 원하는 객체가 있는 방향으로 회전 완료

이제 로봇은 장애물을 회피하기 위해 가상으로 만든 센서를 토대로 장애물을 회피할 각을 계산한 후 장애물을 만나게 되면 이를 회피 한다. [그림 4. 19]에서

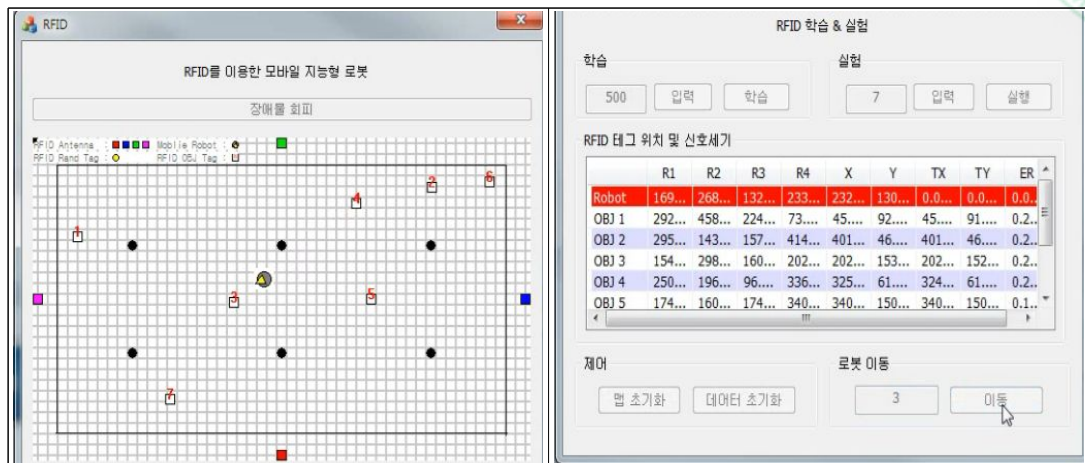
로봇이 3번 태그를 갖는 객체로 이동 중에 만나게 되는 장애물(검은색 원점)을 확인할 수 있다. [그림 4. 20]에서는 로봇이 자율 이동 중에 만난 장애물을 회피하여 주행하고 있는 모습을 보여주고 있다. 로봇이 장애물을 회피 후 원래대로 돌아오기 위해 벡터량을 계산하여 장애물을 회피하기 이전의 최적의 각으로 돌아오는 과정은 [그림 4. 21]에서 보여주고 있다. [그림 4. 22]는 로봇이 3번 태그를 갖는 객체로 이동 한 후의 장면을 보여주고 있다.



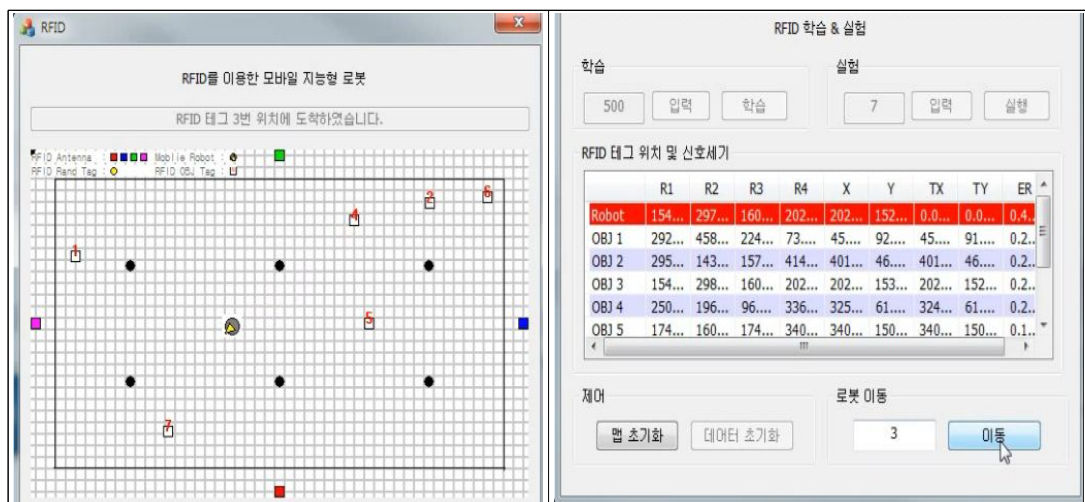
[그림 4. 19] 유(有)장애물 로봇 이동



[그림 4. 20] 로봇이 주행 중에 만난 장애물 회피



[그림 4. 21] 장애물 회피 후 목적지로 방향을 회전 한 후 이동



[그림 4. 22] 로봇이 원하는 위치로 이동 완료 후 멈춤

마. 물리적 실험환경 구축 및 모바일 로봇

앞에서 구현한 시스템을 현장에 적용하기 위해서 시뮬레이션 환경에서 구현한 형태로 실험환경을 구축하여 테스트를 수행 하였다. RFID 리더기는 XCDOE-IU9004 고정형 READER를 사용하였다. 이는 최대 400kbps의 속도로 tag와 reader간 통신 하며, 사용자의 application software와 reader를 최적화 될 수 있도록 구현된 리더기이다. 4W 이하에서 (917.1 MHz~923.30 MHz 구간

에서 600KHz 간격으로 hopping) ISO18000-6B/6C (EPC Global Gen2)를 지원한다. 4개의 Monostatic 안테나를 지원하며, Option 사항으로, 내장 안테나를 장착 가능하도록 되어있다. Host와 Ethernet(TCP/IP, Port Number:49380) 또는 RS232C(115200 bps)로 인터페이스 되며, LSRCP (LS 산전 Reader Control Protocol) 패킷을 통해, Host의 명령을 수행하게 된다. Host Interface 용 RS232C 외에 2개의 RS232C(9600 bps)를 제공 하는데, Host는 TCP/IP를 통해, 이 두 RS232C 포트와 Raw Data를 송수신 할 수 있다.



[그림 4. 23] 물건 찾기를 위한 자율 이동 모바일 로봇

시험을 위해 제작된 실물 모바일 로봇은 [그림 4. 23]과 같고 체자리에서 360도 회전이 가능하며 좁은 공간에서도 전 방향 이동이 가능하도록 되어 있다. 태그 정보를 이용해 모바일 로봇의 위치가 서버를 통해 파악되며, 또한 서버에서 물건의 위치가 파악하게 되면 무선 통신을 통해 로봇에게 이동 명령을 내린다. 지정된 실내 환경을 인지하여 최적 경로를 충돌 없이 이동하기 위해서 지도가 작성되어 서버에 저장되어 있어서, 로봇과 물건의 위치가 파악되면 서버가 최적 경로를 결정하여 전송하게 된다. 그때 로봇의 자율 이동을 수행하여 물건이 있는 곳으로 이동하면 임무를 완료하게 된다. 유동 장애물이 이동 중에 나타나거나 사전에 입력되지 않는 장애물이 나타나게 되면 환경정보를 재구축하여야 한다 [23].

실내에서 테스트하기 위해 실험실에 시스템 환경을 구축하였다. 사용 장비는 RFID 리더기, 4대의 안테나, 케이블, 서버, 모바일 로봇, 그리고 RFID 태그로 [그림 3. 2]의 상단에서 보여준 환경과 유사하게 구성하였다. RFID 리더기는 상단에 설치하여 케이블로 컴퓨터에 연결하였고 안테나는 각 3미터 길이를 갖는 정사각형 코너들의 중심점위치에 삼각대위에 설치하였으며 [그림 4. 24]와 같다.



[그림 4. 24] 실험 환경 셋업

제 5 장. 결론

태그, 안테나, 리더기, 서버와 RFID 태그 센서 공간으로 구성된 RFID를 이용한 물건 찾는 지능형 모바일 로봇 시스템 개발을 수행하였다. 수동형 RFID를 사용하는 경우, 각 안테나를 RFID 리더기에 연결하고 리더기를 서버에 연결하게 되고 태그는 안테나와 무선으로 통신을 하게 된다. 능동형인 경우에는 안테나를 능동형 리더기로 교체해주면 넓은 지역에서 사용이 가능하다. 리더기는 안테나를 통하여 태그의 고유 정보(ID)와 신호 세기(RSSI)를 가져와 서버에 전달한다. 센서 공간에 학습을 위해 무작위로 많은 태그를 배치하여 위치 추적을 위한 데이

터베이스를 구축한 후 신경망 시스템을 이용하여 타겟 현장을 학습시킨다. 학습된 시스템은 태그가 부착된 물건의 위치를 추적하기 위하여 리더기는 안테나를 통하여 RSSI 값을 읽어와 이를 이용해 물건의 위치를 추적해 로봇에게 그 위치로 이동하도록 명령한다.

리더기가 안테나를 통하여 RSSI 값을 읽어와 이를 이용해 물건의 위치를 추적하는 시스템을 학습하기 위한 지능형 시스템을 이용하였다. 신경망 시스템은 주어진 공간에 임의로 태그를 뿌려 태그의 RSSI 값과 실제 위치 값들을 학습 데이터로 사용하여 학습 단계(learning phase)를 수행한다. 수동형인 경우는 안테나를 통하여 하나의 리더기를 통하여 4개의 RSSI 값을 읽어오고, 능동형인 경우에는 4개의 리더기에서 RSSI 값을 읽어온 후 위치추적을 할 수 있게 된다.

Learning Phase(Off Line)에서 사용할 위치 추적 학습 데이터베이스 구축과 Real-time Phase(On Line)에서 실제 위치 추적을 위한 실험을 위해 3m x 3m 테스트 환경 구축해 시스템을 구현하였다. 테스트 베드 환경에서 학습 데이터베이스를 생성하고, 이를 이용해 본 연구에서 제시한 신경망 시스템을 이용해 학습을 수행한 결과를 제시하였다. 학습 후에 로봇의 위치와 태그를 부착한 로봇의 위치를 추적하여 로봇으로 하여금 물건이 있는 위치로 이동할 수 있도록 하는 과정을 보여 주었다. 실제 현장을 구축하여 신호 세기 값을 이용한 환경 설정과 이를 테스트 할 수 있는 로봇을 시제품으로 제작하였다.

본 연구에서 개발된 RFID를 이용한 물건 찾는 지능형 모바일 로봇 개발을 위해서 수행된 실험은 주로 수동형에서 이루어졌다. 능동형으로 전환은 환경 설정과 안테나를 모두 리더기로 교체하고 이와 관련된 인터페이스를 조절하는 문제만 남아 있게 된다. 이러한 문제를 해결하게 된다면 훨씬 넓은 지역에서 사용될 수 있다고 본다. 향후에는 개발된 시스템을 확장하여 개인의 일정관리를 접목시켜 사용자가 원하는 시간에 필요한 물건을 찾아서 제공하는 기능이 추가될 필요가 있을 것이다.



참고문헌(Reference)

- [1] W. Gueaieb and Md. S. Miah, “An Intelligent Mobile Robot Navigation Technique using RFID Technology”, IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, pp. 1908-1917, Sept. 2008
- [2] Y. Zhou and W. Liu, “Preliminary Research on Indoor Mobile Robot Localization using Laser-activated RFID”, IEEE International Conference on RFID, pp. 78-85, 26-28 March 2007.
- [3] J. Blumenthal, R. Grossmann, F. Golatowski, and D. Timmermann. “Weighted Centroid Localization in Zigbee-based Sensor Networks”. In IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, WISP 2007, Madrid, pp 1-6, Oct. 2007.
- [4] R. Behnke and D. Timmermann. “AWCL: Adaptive Weighted Centroid Localization as an Efficient Improvement of Coarse Grained Localization”. In 5th Workshop on Positioning Navigation and Communication, pp. 243-250, 2008.
- [5] M. Youssef, A. Agrawala, and A. Udaya Shankar, “WLAN location determination via clustering and probability distributions”, IEEE Int. Conf. Pervasive Comput. Commun., Mar. 2003, pp. 143-151.
- [6] S. Tilch and R. Mautz, “Current investigations at the ETH Zurich in optical indoor positioning”. IEEE Positioning Navigation and Communication (WPNC) conference, pp 174-178 March 2010.



- [7] Komoriya, K., Oyama., “Position Esitimation 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
- [8] 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
- [9] M. Kanaan and K. Pahlavan, “A comparison of wireless geolocation algorithms in the indoor environment,” in Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC ‘04), vol. 1, pp. 177-182, Atlanta, Ga, USA, 2004.
- [10] E.Mangas and A. Bilas, “FLASH: Fine-grained localization in wireless sensor networks using acoustic sound transmissions and high precision clock synchronization,” in Proceedings of the 29th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS ‘09), pp. 289-298, June 2009.
- [11] R. Peng and M. L. Sichitiu, “Angle of arrival localization for wireless sensor networks,” in Proceedings of the 3rd Annual IEEE Communications Society on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks (Secon ‘06), vol. 1, pp. 374-382, September 2006.
- [12] N. Patwari and A. O. Hero, “Using proximity and quantized RSS for sensor localization in wireless networks,” in Proceedings of the 2nd ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and



Applications (WSNA '03), pp. 20-29, San Diego, Calif, USA, September 2003.

- [13] 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.
- [14] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu, "Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, vol. 37, pp. 1067-1080, 2007
- [15] [김영권, 김기태, 「신경망을 이용한 퍼지 전문가 시스템 (Fuzzy Expert System using Neural Network).」 1997, 기술과학연구소 논문집, 27(1).
- [16] Ricardo Machado, Armando da Rocha 「Fuzzy Connectionist Expert System.」 1994, IEEE ICNN Vol III.
- [17] F. Rosenblatt, Principles of neurodynamics: perceptron and the theory of brain mechanisms. Spartan, New York, 1962
- [18] M. Minsky and S. Papert, Perceptrons, MIT Press, Cambridge, MA, 1969
- [19] R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Strok, Pattern Classification, New York, Wiley, 2001
- [20] S. Shigetoshi, F. Toshio, and S. Takanori, A Neural Network



- Architecture for Incremental Learning, Neorocomputing, 9, pp.111-130, 1995
- [21] J. S. Jang, C. T. Sun and E. Mizutani, Neurofuzzy and Soft Computing, USA, Prentice Hall, 1997
- [22] N. Baba, A New Approach for Finding the Global Minimum of Error Function for Neural Networks, Neural Networks, 2, pp. 367-373, 1989
- [23] Kim, W., "A Mobile Robot System based on RFID Environment," Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol.5, No. 4, pp. 25-30, 2007



The design and implementation of an intelligent location estimation method using RFID tag signal

O Seong Andrew, Kang

Department of Computer Engineering

Graduate School, Chonnam National University

(Supervised by Professor : Chang Gyoon Lim)

(ABSTRACT)

In this paper, we design and implement an intelligent system for finding objects with RFID(Radio Frequency IDentification) tag in which an 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 earning 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.



감사의 글

본 연구의 결실이 있기까지 대학원을 입학한 시간부터 지금까지 큰 관심과 사랑으로 이끌어 주시고 석사 과정 기간 내내 지켜봐주시며, 좋은 마무리를 할 수 있도록 연구의 방향을 정하여 주시고, 끊임없는 지도와 격려를 아끼지 않으신 임창균 지도교수님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 본 논문이 완성되기까지 밝은 해안으로 냉철한 가르침을 주시고, 학위 과정 동안 많은 배려를 해주신 김강철 교수님께도 머리 숙여 감사드리며, 논문 심사를 맡아 끝마칠 때 까지 성심성의껏 지도해 주시고 항상 많은 관심을 가져주신 김용민 교수님께도 감사를 드립니다.

또한, 이 순간 머릿속을 스쳐가는 많은 선배님 및 후배님들에게 앞으로 나아가면서 더욱 좋은 모습으로 보여질 것을 다짐하며 감사 인사를 대신하고자 합니다.

석사과정 재학 생활 동안 음으로 양으로 지켜봐 주신 전남테크노파크 선배님들과 동기, 후배님들에게 감사드리며 특히, 동고동락했던 기획관리팀 직원 여러분께 진심어린 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 오늘의 조그마한 결실이 있기까지 한없는 사랑과 정성으로 보살펴주시고 항상 정신적인 지주로서 헌신해 오신 어머님께 감사드립니다. 많은 어려움도 참고 인내하며 헌신적인 사랑으로 내조해온 아내 하선미 선생님께 고마움을 전합니다. 아울러 사랑하는 딸 지유, 은유와도 이 기쁨을 나누고 싶습니다. 가족의 열렬한 지지와 격려가 없었다면 부족하나마 이러한 논문이 나올 수 없었음을 고백합니다. 저의 사랑하는 가족에게 다시 한번 깊이 감사의 말씀을 전합니다.

본 연구를 마칠 수 있도록 주위 분들로부터 받은 커다란 사랑과 은혜를 저의 마음속에 평생 소중히 간직하겠습니다. 감사합니다.

2014년 2월

강 오 성