

논문 2011-481E-4-6

이동로봇을 위한 RFID Smart Floor

(RFID Smart Floor for Mobile Robot)

강수혁*, 김용호*, 문병준**, 김동한***

(Soo Hyeok Kang, Yong Ho Kim, Byoung Joon Moon, and Dong Han Kim)

요약

본 논문에서는 Smart Floor라는 새로운 개념의 정보공간을 제안한다. Smart Floor는 이동로봇의 경로유도에 필요한 정보를 저장하고 있는 공간으로, 이동로봇은 외부의 도움 없이 목표위치에 도달할 수 있다. 이를 위하여 RFID 태그 포장을 통하여 Smart Floor를 구현하고, UHF(Ultra High Frequency) 대역의 수동 RFID 시스템을 장착한 이동로봇을 제작하였다. Smart Floor에 저장되는 정보는 Q학습을 통해 미리 시뮬레이션 된 값으로, 임의의 시작위치에서 목표위치까지 가는데 필요한 방향값과 Q값이다. 본 연구는 Smart Floor의 구성과 정보를 이용하는 이동로봇 어플리케이션 개발에 도움을 줄 것이다.

Abstract

This paper proposed a new concept of information space called Smart Floor. Smart Floor is an intelligent space where a mobile robot can read and write specific information through Radio Frequency Identification (RFID) tags which are mounted on Smart Floor to drive its goal position. RFID tag packaging technology is described for building Smart Floor. Also a mobile robot equipped passive RFID System with ultra high frequency (UHF) bandwidth has developed. The information that consists of an absolute position in the Smart Floor and desired direction saved on RFID tags is a simulated Q-value based on Q-learning algorithm. Proposed Smart Floor will be a proper method to communicate between space and robot.

Keywords: smart floor, 수동 RFID 태그, UHF, 이동 로봇, Q학습 알고리즘

I. 서론

이동로봇은 이동성의 장점으로 인해 로봇분야에서 널리 연구되어 오고 있으며^[1~4], 로봇 보급률에 있어서도 산업용 매니퓰레이터 로봇 다음으로 많이 보급되고 있다. 최근 들어 가정용 청소로봇의 보급으로 인해 이동로봇에 대한 연구와 개발은 더욱더 활발히 진행되고 있다^[5~8]. 또한 인간의 접근이 용이하지 못하거나 위험한 환경에서 인간을 대신하여 작업을 수행하는 특수 목

적용 로봇으로도 사용되고 있다^[9~10].

이동로봇이 주어진 임무를 성공적으로 수행하기 위해서는 주변 환경을 인식하고, 목표위치까지 정확하게 도달해야 한다. 이를 위한 선행조건으로 맵빌딩(Map Building)이 이루어진다면 더 높은 임무 성공률을 기대할 수 있다. 맵빌딩을 위한 방법으로는 로봇의 위치와 주변 환경을 모두 인식할 수 있는 글로벌 비전(Global Vision)과 로봇 스스로 주변 환경을 인식하는 로컬 비전(Local Vision)이 있다. 글로벌 비전을 사용하는 예는 GPS를 사용하는 방법^[11]과 천장에 카메라를 설치하는 로봇추측시스템^[12] 등이 있다. 글로벌 비전은 모든 주변 환경을 인식할 수 있다는 장점이 있지만 GPS로 위치를 추정하는 방식은 큰 오차가 발생하며, 실내 환경에서 사용할 수 없다는 단점이 있다. 또한 로봇추측시스템에서는 로봇이 카메라의 인식영역을 벗어나면 위치 파악

* 학생회원, *** 정회원, 경희대학교 전자전파공학과
(Dept of Electronics Eng, KyungHee Univ)

** 정회원, 대덕대학교 자동차학부
(Dept of Automotive Eng, Daeduk Univ)

※ 본 연구는 2007년도 경희대학교 연구비지원에 의한 결과임. (KHU-20070778)

접수일자: 2011년11월11일, 수정완료일: 2011년12월11일

이 불가능하고, 빛과 같은 환경적인 요인에 아주 민감하다는 문제점이 있다. 또 다른 맵빌딩 방법인 로컬 비전을 사용하는 예는 초음파 센서, 적외선 센서 등을 장착하여 각 센서 값을 보상하는 방법^[13], LRF(Laser Range Finder)^[14], 그리고 다수의 카메라^[15]를 사용하는 등의 연구가 진행되어 왔다. 하지만 고가의 센서를 사용과 상당히 복잡한 알고리즘의 사용으로 구현이 어렵다는 단점이 있다.

최근 이동로봇 분야는 USN(Ubiquitous Sensor Network) 환경과 결합하여 인간에게 편의와 서비스를 제공하고 있다. 위치인식과 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)에 대한 연구가 진행되었으며^[16-17], 대표적인 연구로는 RFID 시스템을 이용한 위치인식이 있었다^[18]. 그들은 능동 RFID 태그를 바닥에 배치하고, RFID 리더기와 안테나를 장착한 이동로봇이 이동할 때 그 경로를 추적하였다. 하지만 능동 RFID 태그는 자가 전원이 필요하여 바닥에 매립이 불가능하며, 연구에 사용된 13.56MHz의 RFID 리더기는 인식률과 인식거리가 짧아 실제 환경에 적용하기에는 적합하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 RFID 태그 포장을 통해 Smart Floor를 구성하고, UHF(Ultra High Frequency) 대역의 수동 RFID 시스템을 장착한 이동로봇을 제작하여 실제 환경에 적용가능한 방법을 제안한다. Smart Floor에 저장되는 정보는 Q학습을 통해 미리 생성된 경로유도 값들로, 이동로봇은 이 값을 읽으면서 목표위치에 도달할 수 있으며, 변화하는 주위 환경의 정보를 바꿔 쓸 수 있다. 또한 본 논문에서 제안하는 방법은 RFID 태그가 매립가능한 곳이면 어느 곳이나 적용가능하며, 영구적으로 사용할 수 있다. 다음 II장에서는 본 논문에서 새롭게 제안하는 Smart Floor에 대하여 살펴보고, III장에서는 Q학습을 통한 경로계획 방법을 설명한다. IV장에서는 Smart Floor에 정보를 저장하기 위한 시뮬레이션과 실제 이동로봇을 사용한 실험으로 그 우수성을 증명한다. 마지막 V장에서 결론을 맺는다.

II. Smart Floor

1. Smart Floor의 개념

유비쿼티스에서는 언제 어디서나 정보를 획득하고, 각종 편의를 제공받을 수 있다. 이러한 인간의 정보획득 노력으로 Intelligent Space 또는 Smart Space라는

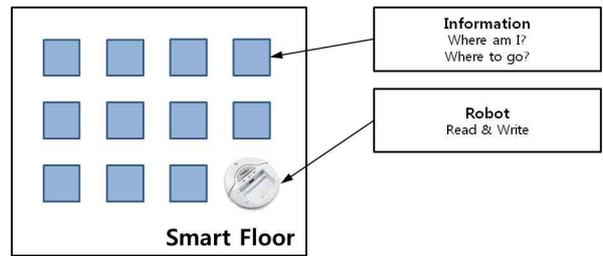


그림 1. Smart Floor의 개념
Fig. 1. Concept of Smart Floor.

개념이 생겨났다^[19-20]. 로봇 또한 Intelligent Space 안에서 임무를 수행하는 연구가 진행되고 있다^[21].

따라서 본 논문에서는 그림1과 같은 로봇에게 적용가능한 Smart Floor라는 정보공간을 제안한다. Smart Floor는 로봇에게 경로유도를 위한 각종 정보를 제공한다. 이 정보는 사용목적에 맞게 다양하게 저장할 수 있다. 이러한 Smart Floor의 특징은 다음과 같다.

첫째, Smart Floor에서는 명확한 통신이 필요 없다. 상호간의 통신을 위해서는 정해진 규칙이 필요하고, 송수신간의 안정화 우선시 되어야 한다. 만약 하나의 시스템에서 문제가 발생하면 정보를 교환할 수 없게 된다. Smart Floor에서의 통신은 위치기반정보(Location Based Information: LBI) 획득을 통해 이루어지며, 하나의 시스템이 송수신을 하는 개념이다.

둘째, Smart Floor에서는 위치인식이 필요 없다. 우리는 운전을 할 때 그곳이 어디인지 인식하지 못하거나 목표위치까지의 경로를 알지 못할 때 내비게이션의 도움을 받아 목표위치까지의 방향정보를 획득하여 이동한다. 마찬가지로, Smart Floor에서 로봇은 임의의 위치에서 목표위치까지의 경로유도를 제공하기 때문에 자신의 현재위치를 파악하지 않고도 원하는 목표위치에 도달할 수 있다.

셋째, Smart Floor에서는 다 개체 학습이 가능하다. 한 가지 작업을 여러 로봇이 동시에 처리하면 그 효율을 높일 수 있으며, 이러한 임무를 위해서는 로봇 간의 통신과 협동을 위한 알고리즘이 필요하다. Smart Floor에서 이러한 임무수행은 LBI를 통해 이루어진다. 한 로봇이 어느 장소에 정보를 남기면 다른 로봇이 그 장소에 왔을 때 정보를 획득하여 임무를 수행하는 개념으로, 그 위치에 있는 로봇만이 정보를 획득하므로 불필요한 통신을 줄일 수 있다.

다음 절에서는 이러한 특징들을 가지고 있는 Smart Floor의 구성방법과 응용방법을 제안한다.

2. Smart Floor의 구현

가. Smart Floor의 구현

Smart Floor는 그림 2와 이동로봇이 이동하는 바닥에 RFID 태그를 매립하여 구현된다. 이동로봇이 목표 위치까지 임무를 수행하기 위한 경로유도와 위치정보 등을 저장하게 된다. 이러한 연구에 있어서 RFID 태그 포장을 통한 매립환경에서의 RFID 태그 인식에 대한 성능평가가 선행되어야 하며, 다양한 매질에서 RFID 태그 인식거리에 대한 실험을 진행하였다.

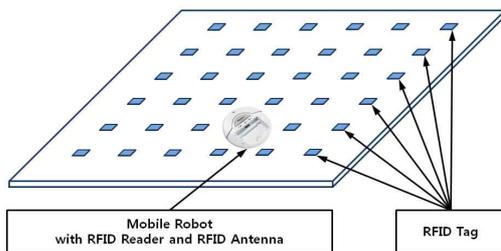


그림 2. Smart Floor의 구현
Fig. 2. Implementation of Smart Floor.

나. RFID 태그 포장

RFID 태그 포장을 위해 다양한 매립환경에서 RFID 태그의 인식거리를 측정하였다. 태그 포장에 사용되는 태그는 자가 전원이 필요하지 않고, 수명이 길어 매립했



(a) DogBone형



(b) Metal형



(c) Label형

그림 3. 수동 RFID 태그
Fig. 3. Passive RFID Tag.

을 때 반영구적으로 사용할 수 있어야 한다. 이러한 조건을 만족하는 태그는 수동형 RFID 태그이며, 그 종류로 Metal, Dogbone, Label형 등이 있다(그림 3). 우리는 본 연구에 앞서 그림 4와 같이 다양한 매질에서 각종 수동 RFID 태그에 대한 인식거리를 측정하였다^[22].

표1은 RFID 태그 포장 실험결과를 보여준다. Metal형과 Dogbone형의 인식거리가 가장 길었으며, 매립 물질별로는 합판과 장판에서 매립 전 대비 신호 감쇠가 크게 일어나지 않아 인식거리가 크게 다르지 않았으나, 콘크리트에서는 인식거리가 급격히 줄어든 것을 확인할 수 있었다. RFID 태그 포장의 궁극적인 목적은 매립 상황 별 적당한 매질과 RFID 태그를 선택하는데 있다. 실외환경의 경우, 외란의 영향이 많기 때문에 인식거리에



(a) 콘크리트에 매립(DogBone형)



(b) 콘크리트에 매립(Metal형)



(c) 데코타일(Bottom)에 부착(Label형)



(d) 데코타일(Top)에 부착(Label형)

그림 4. RFID 태그 포장
Fig. 4. RFID Tag Packaging.

표 1. 매질 물질에 따른 깊이 별 인식거리
Table 1. Recognized distance by the depth and material.

깊이 (cm)	물질	Metal형 (m)	Dogbone형 (m)	Label형 (m)
-	-	5.50	5.30	5.30
3	콘크리트	0.65	0.61	0.60
	합판	4.80	4.60	4.50
	데코타일	5.10	4.80	4.90
5	콘크리트	0.53	0.48	0.43
	합판	4.40	4.20	4.20
	데코타일	4.70	4.50	4.30



그림 5. 데코타일로 구성된 Smart Floor
Fig. 5. Smart Floor by composed deco-tile.

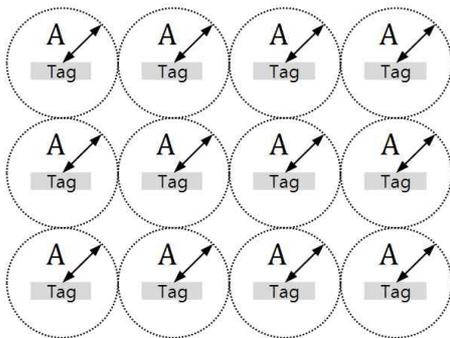


그림 6. RFID 태그 배열
Fig. 6. RFID Tag array.

문제가 있더라도 콘크리트와 Metal형을 사용하는 것이 적당하며, 실내 환경에서는 데코타일 밑에 부착이 용이한 Label형이나 Dogbone형의 스티커 형 태그를 사용하는 것이 적당하다. 본 연구에서는 실내에서 실험이 이루어지므로 그림5와 같이 Dogbone형과 Label형을 적당히 혼합하여 Smart Floor를 구성하였다. 본 연구에서는 태그 형태를 보여주기 위하여 타일 위에 태그를 부착하고 실험을 진행하였다. 표 1의 실험결과 데코타일에서의 인식거리가 매립 전과 크게 다르지 않으므로, 실제 응용에서는 타일 밑에 태그를 부착하면 된다.

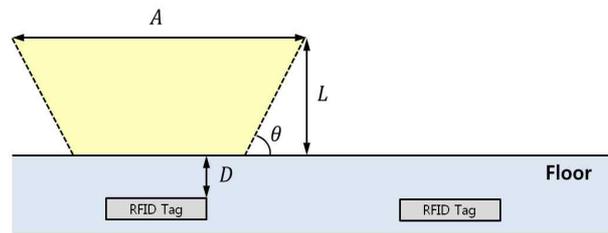


그림 7. 인식가능영역
Fig. 7. Cofiguration of read area.

그림 5의 환경은 30cm 간격으로 100개의 태그 (10*10)를 배치하였다. 이는 태그 인식거리와 한정된 실험공간을 위한 선택이었으며, 그림6과 같이 인식가능거리가 겹치지 않도록 한 것이다. 인식가능영역은 그림7과 같으며, 다음과 같이 수식으로 표현된다.

$$L = \frac{K}{D} (K: Constant) \tag{1}$$

식(1)에서 L 은 인식가능높이, D 는 매립깊이, K 는 상수 값으로 매질 물질에 따라 달라지며, 항상 양수의 형태를 갖는다. 마지막으로 인식가능영역 A 는 다음과 같다.

$$A = \Pi \left(\frac{L}{\tan \theta} \right)^2 \tag{2}$$

다. 경로유도 정보저장

경로유도 정보는 Smart Floor에 저장되는 정보를 말한다. Smart Floor에 구성된 수동 RFID의 일반적인 특성은 표2와 같다. 태그에는 64bit의 16자리를 저장할 수 있는 메모리 공간을 가지고 있다. 이 메모리 공간에 경로유도정보를 그림8과 같이 좌표값, Q값, 방향값, 태그 ID로 나누어 저장하였다.

본 절에서는 수동 RFID 태그로 구성된 Smart Floor의 구현을 살펴보았다. 다음에서 Smart Floor에서 임무수행을 위한 수동 RFID 시스템을 장착한 이동로봇을 제안한다.

표 2. 일반적인 수동 RFID 태그 속성
Table 2. Typical Passive RFID tag specifications.

구분	사양
주파수 대역	860~960MHz
Protocol	EPC Class 1 Gen 2
메모리	240bit EPC / 64bit TID(Tag ID)

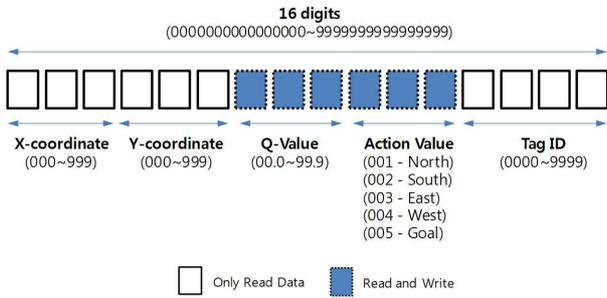


그림 8. RFID 태그 데이터 구조
Fig. 8. Data structure of a RFID tag.

3. 수동 RFID 시스템

수동 RFID 시스템은 그림 9와 같이 RFID 리더기, RFID 안테나, 컴퓨터, 이동로봇으로 구성된다. RFID 리더기와 안테나로부터 수신된 태그 정보에 의해 컴퓨터는 이동로봇에게 구동명령을 내린다. 이렇게 구성된 RFID 시스템은 Smart Floor내에서 위치인식 및 저장된 태그 정보를 읽을 수 있고, 변화하는 주위환경에 대한 정보를 바꿔 쓸 수 있다.

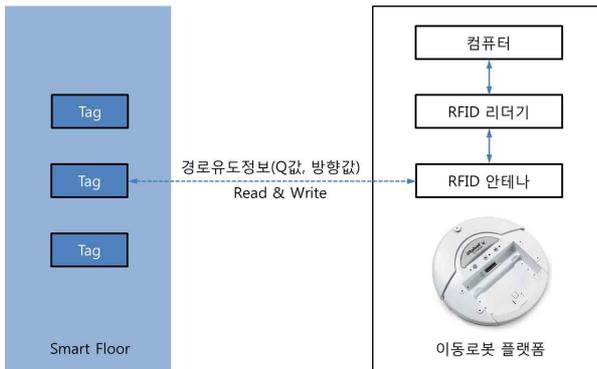


그림 9. 수동 RFID 시스템
Fig. 9. Passive RFID System.



그림 10. RFID 리더기
Fig. 10. RFID Reader.

가. RFID 리더기

RFID 리더기는 900MHz대역의 UHF이다. UHF대역은 전 세계적으로 가장 활성화되어 있으며, 인식거리가 길고 인식속도가 빨라 최대 100km/h의 속도로 이동하는 물체도 인식 가능하다^[23]. 그림 10과 같이 이동로봇에 탑재를 위한 리더기로 미네르바 사^[24]의 MKUR-300을 선정하였다. 모델 사양은 표 3과 같다.

표 3. MKUR-300 사양
Table 3. MKUR-300 specifications.

구분	사양
주파수 대역	910.4~913.6MHz
Air protocol	EPC Class 1 Gen 2, ISO 18000-6C
ANT Port	4Port (RX/TX Common형)
통신 방법	RS-232(DB-9 F)

나. RFID 안테나

RFID 안테나는 이동로봇 밑면에 부착하기 적당한 안테나를 제작하였으며, 그림 11과 같이 이동로봇 밑면에 안테나를 부착하였다.

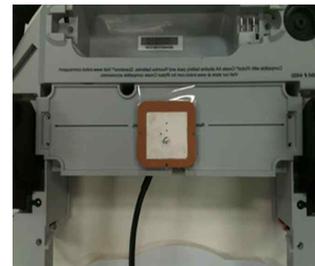


그림 11. RFID 안테나
Fig. 11. RFID Antenna.

다. 이동로봇

이동 로봇은 iRobot 사의 Create Robot을 선정하였다 (그림12). 본 연구에서는 BAM 모듈에 지자기센서를 장착하여 방향각을 측정하였다(그림13). BAM 모듈은 블루투스 통신을 위해 제공되는 Create Robot확장 모듈이



그림 12. iRobot Create
Fig. 12. iRobot Create.



그림 13. BAM 모듈
Fig. 13. BAM Module.

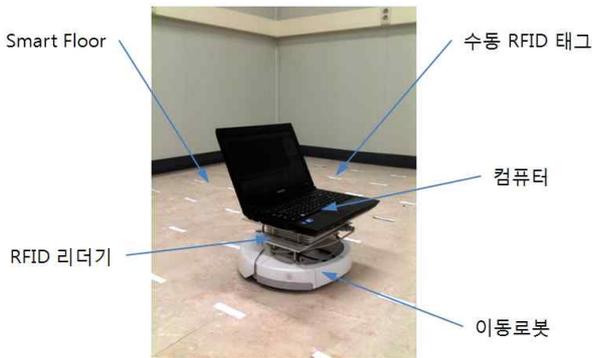


그림 14. 수동 RFID 시스템을 장착한 이동로봇
Fig. 14. Mobile Robot equipped Passive RFID System.

며, 각종 센서를 장착할 수 있는 입출력 포트를 제공한다. 이러한 이동로봇에 그림 14와 같이 수동 RFID 시스템을 탑재하여 시스템을 완성하였다.

III. Q학습을 통한 경로 계획

본 장에서는 Q학습을 통한 Smart Floor에서의 경로계획을 제안한다. Q학습은 Watkins가 처음 제안한 알고리즘으로, 상태-행동의 가치 함수인 Q함수를 학습한다^[25]. 본 논문에서는 Smart Floor에서의 경로계획을 격자공간으로 대응시켜 Q학습을 수행하였으며, Q학습의 가장 간단한 형태인 1-step Q학습 업데이트를 사용하였다.

$$Q(s, a) \leftarrow Q(s, a) + \alpha [r_{t+1} + \gamma \max_{a'} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t)] \quad (3)$$

식3에서 현재 상태 s_t 는 $\epsilon - greedy$ 전략에 따라서 행동을 선택하고, 다음 상태에서는 Q값이 가장 큰 $greedy$ 행동을 선택한다. $\epsilon - greedy$ 전략을 통해서 적은 확률 ϵ 로 다양한 행동을 시도한다. Q학습에서는 현재 따르고 있는 전략과 독립적으로 행동을 선택하고 행동 가치 함수를 학습하면서 직접적으로 최적의 가치 함수로 근사 한다. 그림 15는 격자공간의 중심에 위치한 목표위치까지 가는 차단 경로를 보여준다.

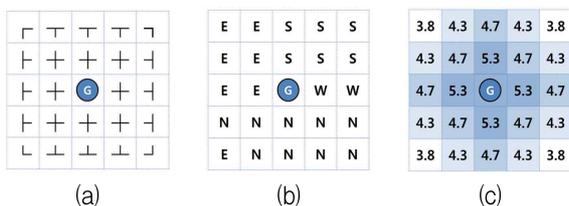


그림 15. 격자공간에서 G까지의 최단거리
Fig. 15. The shortest distance to G in the grid world.

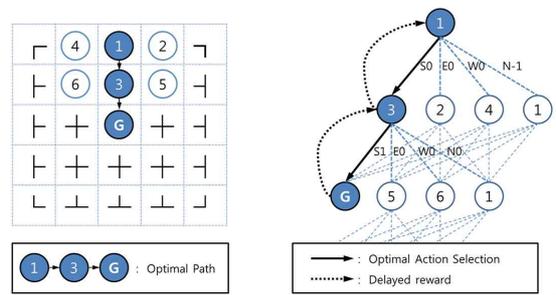


그림 16. 최적의 행동 선택과 보상값의 백업과정
Fig. 16. Select the best action and backup process of reward value.

그림 15(a)에서 각 상태에서 가능한 행동의 집합 east(E), west(W), south(S), north(N)을 보여주며, grid-world 밖으로 나가는 행동은 불가능하다고 가정한다. 먼저 에이전트는 현재 상태(행의 위치와 열의 위치)를 파악하고, 가능한 행동 중에서 하나를 선택한다. 학습 초기에는 다양한 행동들을 선택해서 상태공간을 탐험하고, 상태공간이 점차적으로 알려지면서 목적지에 도달할 수 있는 행동을 선택하게 된다. 그림 15의 예에서 에이전트가 목표위치에 도달하면 보상값 1을 받고, 만일 격자공간을 벗어나는 행동을 시도하면 -1을 받는다. 그 이외의 다른 행동들은 보상값 0을 받는다. 그림 15(b)의 격자공간은 각 상태에서 최적의 행동을 표시한 것이고, 그림 15(c)은 각 상태의 가치(value)를 강화 학습 알고리즘을 이용해서 구한 것으로 값이 클수록 목적지까지 적은 수의 이동으로 도달할 수 있음을 의미한다.

그림 16(a)에서 시작상태(start state)가 ①이라면 최적의 경로는 ① → ③ → G이다. 그림 16(b)는 상태 ①에서 시작해서 G까지 일련의 행동을 선택하는 과정을 보여준다. 행동과 함께 표시된 숫자는 보상값이다.

IV. 실험

실험에서는 Q학습 시뮬레이션을 통한 학습결과를 Smart Floor에 저장하여 실제실험을 진행하였다. 방향 값은 동서남북 4가지 방향으로 나오며, Q값은 임의의 위치에서 높은 Q값으로의 행동을 택하여 최단거리로 목표위치까지 경로를 유도한다. 그림 17은 Smart Floor에서 이동로봇의 임무수행과정이다.

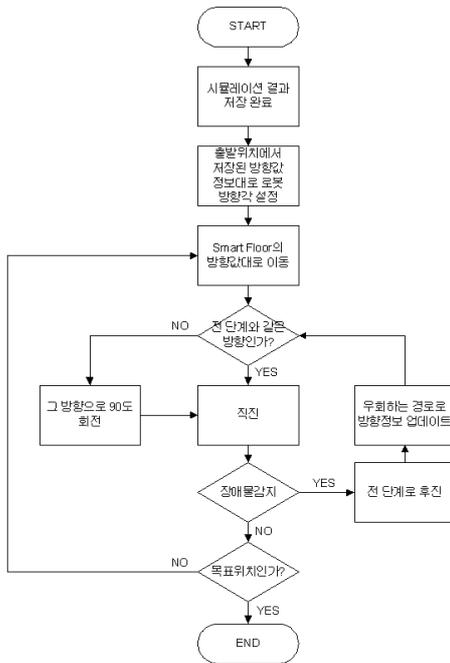
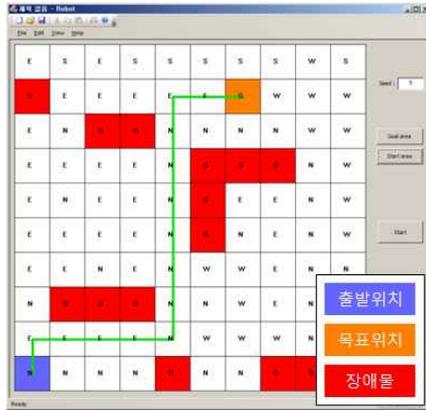


그림 17. 경로 결정 순서도
Fig. 17. Flowchart of path decision.

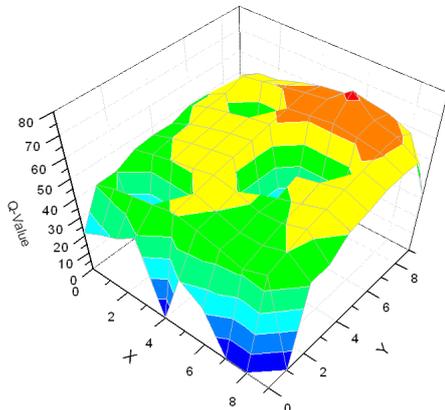
1. 시뮬레이션 결과

Smart Floor에서의 임무수행을 위한 경로계획을 제공하는 Q학습 시뮬레이터를 제작하였다. 이 시뮬레이터는 Microsoft Visual Studio 2010을 사용하여 제작되었으며, 시작위치와 목표위치 설정 후 각각의 경우에서 방향값과 Q값을 출력해준다.

시뮬레이터를 통하여 목표 위치가 (6, 8)인 경우와 (7, 5)인 경우를 실험하였다. 그림 18과 19는 출발위치 (0, 0)에서 목표위치까지 도달하는 경로를 보여주며, 그림의 예에 나타난 출발위치뿐만 아니라 임의의 위치에서 방향값을 따라가면 목표위치까지 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 그림(a)에서 각 위치의 방향값은 그림(b)의 Q값의 결과이며, 현재위치에서 가장 큰 Q값으로의 방향값을 나타낸 것이다. Q값은 목표위치에서 가까울수록 크게 나타나며, 이동로봇은 큰 Q값으로의 방향을 유도 받게 된다.

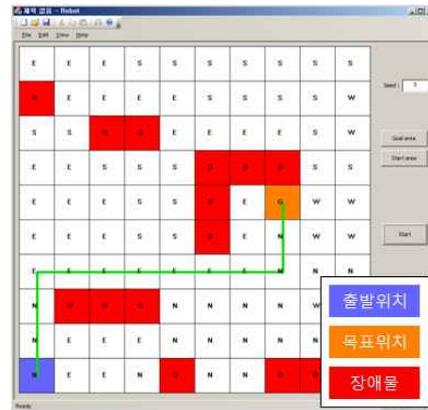


(a) 진행경로와 방향값

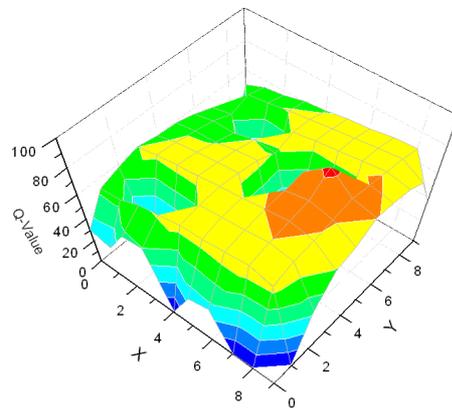


(b) Q값

그림 18. 목표위치가 (6, 8)인 경우의 시뮬레이션 결과
Fig. 18. Simulation results for goal position (6, 8).



(a) 진행경로와 방향값



(b) Q값

그림 19. 목표위치가 (7, 5)인 경우의 시뮬레이션 결과
Fig. 19. Simulation results for goal position (7, 5).

2. 실험 결과

시뮬레이션에서 생성한 Q값 방향값을 실제 Smart Floor에 저장하여 실제 이동로봇을 이용한 실험을 진행하였다. Smart Floor에서 검정색으로 둘러싸인 영역은 장애물 구역으로 로봇이 접근하지 못한다. 로봇은 30cm 간격의 태그공간을 Read-Move-Stop의 순으로 이동하며, 목표위치까지 도달하게 된다.

그림 20과 21은 각각의 실험 결과를 보여준다. Case1은 출발위치 (0, 0)에서 목표위치 (6, 8)까지의 이동, Case2는 출발위치 (0, 0)에서 (7, 5)까지의 이동이다. Case2에서는 목표위치가 바뀌었기 때문에 자체 시뮬레이션 후 저장정보를 업데이트 한 후 이동한다.

Case3는 Case2의 경우에서 이동경로에 장애물이 있을 때 그 장애물을 회피하여 우회경로를 택하는 이동이다. 우리는 (0, 3) 지점에 임의의 장애물을 배치하고, 실험을

진행하였다. 이 경우에는 주어진 실험환경에 따라 우회하는 경로를 택하게 되어있다. 이 경우를 시뮬레이션을 통해 예상하면 그림 22와 같으며, (1, 1)지점에서 시작위치를 설정하여 이동하는 것과 같다. 실제 실험에서 로봇은 경로유도대로 이동하다가, (0, 3)지점에서 장애물을 감지하였다(iRobot Bump 센서). 이 경우 로봇은 전 단계로 돌아와 우회경로를 택하게 되어있다. (0, 3)의 전단계인 (0, 2)에서는 우회경로가 장애물 지역이므로, 다시 후진 후 (0, 1)지점으로 돌아와 우회경로인 (1, 1)을 택하게 된다. 로봇은 (0, 1)의 태그에 (1, 1)지점로의 방향값과 Q값을 변경한 후 이동한다(N→E). 우회경로를 택한 실험결과와 그림 23과 같다.

다양한 실험에서 이동로봇의 이동과 장애물을 회피하여 목표위치까지 이동하는 것을 보였다. 본 실험을

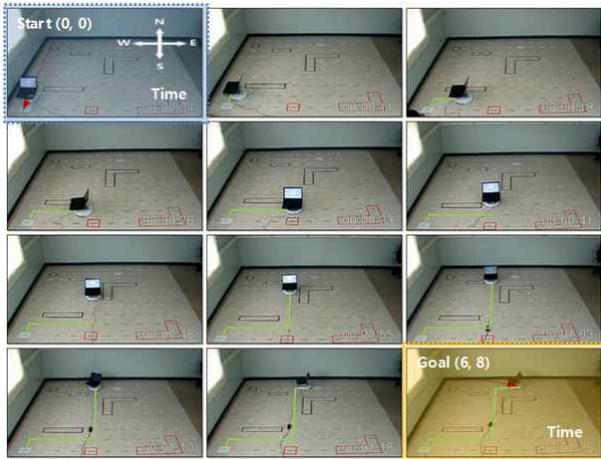


그림 20. 실험결과 Case 1
Fig. 20. Experimental results for case 1.

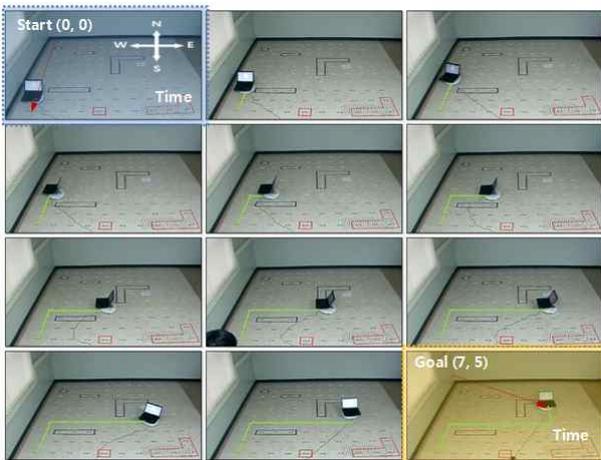


그림 21. 실험결과 Case 2
Fig. 21. Experimental results for case 2.

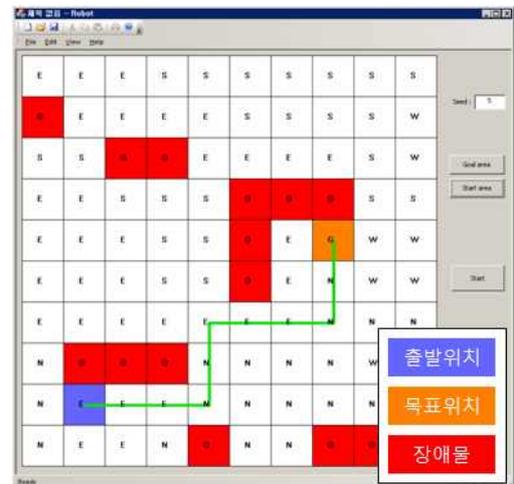


그림 22. 우회경로 예상결과
Fig. 22. Expected results for detour path.

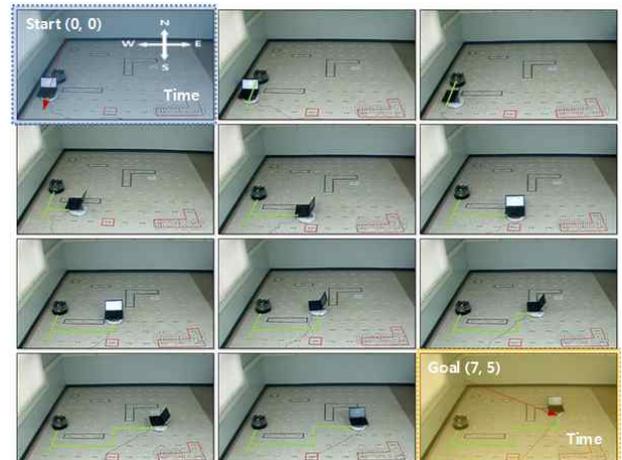


그림 23. 실험결과 Case 3
Fig. 23. Experimental results for case 3.

통하여 실제 Smart Floor에서 이동로봇의 임무수행 가능성과 다양한 시나리오와 환경에서 유연하게 적용됨을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 Smart Floor라는 새로운 개념의 정보 저장 공간을 제안하였다. 수동 RFID 시스템을 장착한 이동로봇을 제작하여 Smart Floor에서의 경로유도의 예를 보였다. Smart Floor의 구현을 위하여 RFID 태그 포장을 통한 다양한 매질에서의 태그 인식거리를 측정하였으며, Q학습 시뮬레이션을 통한 결과를 실제 Smart Floor에 저장하여 각각의 경우에서 이동로봇이 목표위치에 도달하는 것을 확인하였다.

본 논문에서 제안한 방법 이외에도 Smart Floor에 각종 숫자정보를 저장하여 다양하게 행동하는 로봇을 구현가능하다. Smart Floor에서 이동로봇은 외부의 도움 없이 목표위치에 도달할 수 있으며, 현재 자신의 위치를 파악하지 않고도 바닥에 저장된 정보를 이용하여 목표 위치에 도달 할 수 있다. 이러한 Smart Floor의 강점은 수동 RFID 시스템을 장착한 로봇이라면 어떤 로봇이건 간에 임무를 수행할 수 있다는 점이다.

향후 연구에서는 정확한 위치추정을 위한 알고리즘 개발과 Smart Floor에서의 다양한 로봇들의 접근방법과 응용방법에 대하여 연구를 진행할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Rodney A. Brooks, "A Robust Layered Control System for a Mobile Robot," IEEE Journal on Robotics and Automation, vol. RA-2, no. 1, 1986.
- [2] Ronald C. Arkin, "Motor Schema-Based Mobile Robot Navigation," The International Journal of Robotics Research, vol. 8, no. 4, pp. 92-112, 1989.
- [3] Leonard, J.J and Durrant-Whyte, H.F, "Mobile robot localization by tracking geometric beacons," IEEE Journal on Robotics and Automation, vol. 7, no. 3, 1991.
- [4] 유한성, 최중경, "장애물 인식 지능을 갖춘 자율 이동로봇의 구현," 전자공학회논문지, 제40권 SP 편, 제5호, 10-19쪽, 2003년 9월
- [5] Hofner, C and Schmidt, G, "Path planning and guidance techniques for an autonomous mobile cleaning robot," Robotics and Autonomous Systems, Volume 14, Issue 2-3, pp. 199-212, May 1995.
- [6] Ryo Kurazume and Shigeo Hirose, "Development of a Cleaning Robot System with Cooperative Positioning System," Autonomous Robots 9, pp. 237 - 246, 2000.
- [7] Hyunjin Kim, "User-centered approach to path planning of cleaning robots: analyzing user's cleaning behavior," Conference on Human-robot interaction, New York, USA, 2007.
- [8] 김일영, 강경식, 구정주, 최광식, "RSSI 기반의 실내 위치 추적 기능을 가진 청소 로봇의 구현," 2010년 대한전자공학회 추계학술대회 논문집, 474-475쪽, 2010년 11월
- [9] Robert Holmberg, "Development and Control of a Holonomic Mobile Robot for Mobile Manipulation Tasks," The International Journal of Robotics Research 2000 19: 1066.
- [10] Sungchul Kang, "ROBHAZ-DT2: design and integration of passive double tracked mobile manipulator system for explosive ordnance disposal. Intl," Conference on Intelligent Robots and Systems. Issue27-31, October 2003.
- [11] J. Borenstein, "Mobile Robot Positioning Sensors and Techniques," Journal of Robotic Systems. Special Issue on Mobile Robots. Vol. 14 No. 4, pp. 231-249.
- [12] 김종환, 이강희, 이윤기, 구미희, 김태훈, 이재경, "로봇 축구 제어 기술," 전자공학회지, 제31권, 제10호, 38-52쪽, 2004년 10월
- [13] Kevin LeBlanc and Alessandro Saffiotti, "Cooperative Anchoring in Heterogeneous Multi-Robot Systems," IEEE International Conference on Robotics and Automation, Pasadena, CA, USA, May, 2008.
- [14] Songmin Jia, Hao Yang, and Xiuzhi, "LRF-Based Data Processing Algorithm for Map Building of mobile robot," International Congerence on Information and Automation, Harbin, China, 2010.
- [15] H.Oh, D.Won, S.Huh, B.Park, D.H.Shim and M.Tahk, "Indoor UAV Pose Estimation from Multicamera System Using EKF," 2nd International Symposium on Unmanned Aerial Vehicles, Reno, Nevada, 2009.
- [16] Alexander Kleiner, "RFID Technology-based Exploration and SLAM for Search And Rescue," International Conference on Intelligent Robots and Systems, Beijing, China, October 2006.
- [17] Hahnel, D, "Mapping and localization with RFID technology," Internatlonal Confsmnce on RobDtics

&Automation, New Orleans. LA, 2004.

[18] Byoung-Suk Choi, "Localization and map-building of mobile robot based on RFID sensor fusion system," Conference on Industrial Informatics. Daejeon, Korea July 13-16, 2008.

[19] Wang, X, "Semantic Space: an infrastructure for smart spaces," IEEE Computer Society. Volume 3, pp. 32-39, 2004.

[20] soung-jin Cho, "On Interface for Information Acquisition Using RFID of Smart Space," Proceedings of KFIS Fall Conference, Volume 14, Number 2, 2004.

[21] Ernesto Martín Gorostiza, "Infrared Sensor System for Mobile-Robot Positioning in Intelligent Spaces," Sensors, 11, 5416-5438; doi:10.3390/s110505416, 2011.

[22] Sang-Yep Nam and Dong-Han Kim, "Evaluation of RFID System for Location Based Services in the Building," Journal of IEEK, Vol.48, Issuel. 2011.

[23] <http://www.rfidjournalkorea.com/news/articleView.html?idxno=8226>

[24] http://www.minerva.co.kr/contents/product/mkur_300.asp?a_site=3_1&sub_flash=2

[25] Watkins, "Q-learning. In Machine Learning," Kluwer Academic Publishers, Boston, Volume 8, pp. 279-292, 1992.

저 자 소 개



강 수 혁(학생회원)
2010년 경희대학교 전자공학과
학사 졸업
2010년~현재 경희대학교 전자전
파공학과 석사과정 재학

<주관심분야 : 모바일로봇제어, 항법알고리즘>



김 용 호(학생회원)
2010년 서울과학기술대학교
컴퓨터공학과 학사 졸업
2010년~현재 경희대학교 전자전
파공학과 석사과정 재학

<주관심분야 : 로보틱스, 지능형 시스템, 센서네트워크>



문 병 준(정회원)
2010년 경희대학교 전자공학과
박사 졸업
2001년~2010년 만도 중앙연구소
선임연구원
2010년~현재 대덕대학교
자동차학부 교수

<주관심분야 : 무인자동차, 지능형자동차, 지능형로봇>



김 동 한(정회원)
2003년 KAIST 박사 졸업
2003년~2004년 일리노이 주립대
학 Post Doc
2004년~2007년 삼성전자 무선사
업부 책임연구원.
2007년~현재 경희대학교 전자
전파공학과 교수

<주관심분야 : 지능형 로봇, RFID 센서시스템>