

# RFID 기반의 위치추정 기술

최정욱\*, 오동익\*, 김승우\*\*

\*순천향대학교 전산학과, \*\*순천향대학교 정보기술공학부

## 1. 서론

위치추정 방법은 로봇 내비게이션 뿐만 아니라 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network-USN)분야에서도 핵심적인 기술이다. USN은 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반 환경인데, 여기에서 다루지는 정보의 핵심중의 하나는 컴퓨팅 환경에 관한 정보이다. 이는 컴퓨팅에 속한 개체가 어떠한 문맥에서 컴퓨팅에 참여하고 있는지가 파악이 되어야만 현재 상황에 적합하고 의미 있는 컴퓨팅이 이루어질 수 있기 때문이다. 이러한 상황인식을 위해 기본적으로 해결해야 할 문제 중의 하나가 절대위치추정인데, 이는 컴퓨팅에 참여하는 개체의 정확한 위치를 파악 할 수 있게 하는 총체적 방법을 의미한다.

일반적으로 로봇의 개체인식 및 절대위치파악에 레이저나 초음파 센서를 사용하지만 이들을 USN분야에 적용하기에는 크게 두 가지 문제점이 있다. 첫째는 센싱된 사물의 개체가 무엇인지를 판단하기 어렵다는 문제이다. 왜냐하면, 센서가 개체를 감지할 수는 있으나, 이의 ID(identification)를 알기 위해서는 다른 특수한 정보를 부수적으로 확보하여야 하기 때문이다. 예를 들어, 감지한 물체가 사과라고 한다면 사과의 색, 모양 등을 파악하고 패턴 데이터베이스와 대조하면 그것이 무엇인지 판단 할 수 있다. 그러나 여러 개의 유사개체 중 특정한 개체를 구분하려 한다면 문제는 어려워진다. 즉, 모양이나 색으로 사과임을 구별할 수는 있으나, 어떤 사과인지는 구분할 수가 없다는 것이다. 두 번째 문제는 line-of-sight 문제이다. 일반적인 센서로는 센서와 물체간 장애물이 존재할 경우 센싱이 원활하지 않을 수 있다. 실시간 위치파악을 통해 이동이 이루어져야 하는 로봇 내비게이션과 같은 USN 응용 분야에서 원활하게 위치정보를 제공받지 못하면 응용의 진행에 어려움이 생길 수 있다.

최근에는 line-of-site에 구애 받지 않고 사물을 센싱 할 수 있으며, 센싱된 사물의 ID도 쉽게 인식할 수 있는 RFID 기술을 이용한 위치추정 기법을 로봇 내비게이션에 활용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다[1-3]. 기존의 센서를 RFID 센서로 대체하여 위치 추정에 활용하기 위해서는 태그와 안

테나 사이의 거리를 측정할 수 있어야 한다. 그래야만 삼각측량법과 같은 방식으로 로봇의 위치를 파악할 수 있기 때문이다. 하지만, 현재의 기술로는 이러한 거리를 정확히 측정할 수가 없다. 따라서 본 논문에서는 현재 활용되는 RFID 위치추정 방식에 대해 살펴보고 이의 문제점을 분석한 후 이를 극복할 수 있는 방안에 대해 살펴보고자 한다.

## 2. RFID를 이용한 위치추정

능동형 태그를 사용한 모바일 로봇 위치추정 시스템이 [1]에서 소개되고 있다. 이 연구에서는 위치가 파악된 고정위치에 다수의 태그를 부착하고 RFID 리더를 장착한 로봇이 태그들과의 거리를 파악하게 함으로써 로봇의 위치를 알 수 있게 한다. 태그와 리더 사이의 거리측정이 정확하지 않기 때문에 거리측정에 관한 자료는 확률 그리드(Probability Grids)로 생성하고 전체 영역을 작은 사각형으로 분리하여 확률에 따른 가중치를 부여한다. 거리측정에 사용된 여러 태그의 확률 그리드를 조합하면 특정위치에 로봇이 있을 만한 곳의 확률이 커지게 되는데, 이 방법에 따라 구현한 시스템에서의 측정오차는 평균 1.62피트로 보고되었다. 로봇의 경로추적을 위해서는 로봇운동 속도를 위치추정 정보와 관련하여 Kalman 필터링, Monte Carlo 방식을 적용하는데, 실험 결과 각각 평균 0.73피트, 0.93피트의 측정 오차를 나타냈다.

태그의 위치 정보가 없이도 레이저 스캐너를 통하여 주위 환경의 맵을 구성하고 이 환경에서의 태그 위치를 파악한 후 이를 RFID 리더를 장착한 로봇의 위치추정을 위해 활용하는 연구가 [2]에서 제안되었다. [1]에서의 방법과는 달리 이 방식에서는 리더와 태그와의 거리 측정을 시도하지 않고 태그가 읽히는 범위 정보만을 사용하여 로봇의 위치추정을 한다. 일단 태그의 위치가 파악되면, 리더가 태그를 인식하는 자료를 근거로 Monte Carlo 방식을 활용하여 로봇의 위치추적을 진행한다. 평균 오차는 2m 이내로 파악되었고, 이동 중에 레이저 스캐너를 사용하여 RFID 정보를 보정하면 1m 내외의 위치추정 오차가 발생함이 보고되었다.

RFID를 사용하여 거리를 측정하는 것이 부정확하기 때문에, 거리가 아닌 신호의 세기를 측정하여 위치추적을 위한 자료로 활용하고자 하는 연구가 [3]에서 시도되었다. 이 방식에서는 로봇의 위치를 0.5mX0.5m 규격으로 분할하고, 로봇이 특정한 위치에 있을 때 각각의 태그의 신호를 등록해 놓는 SVM(Support Vector Machine)을 정의한다. 로봇의 실제 위치를 파악하기 위해서는 현재 위치에서의 각각의 태그의 신호강도와 구축된 SVM의 값을 매칭하여 위치를 파악한다. 통계학적 방식이나 기타 장치를 사용하지 않기 때문에 구현하기 용이하나, 최소한 분할된 구간 크기만큼의 위치파악 오차가 발생하게 된다.

### 3. RFID 플로어를 이용한 내비게이션

원초적으로 RFID를 사용한 위치추적 시스템의 오차 문제는 RF신호의 수신감도에 따라 정확한 거리를 측정하는 것이 불가능하다는 사실에 기인한다. 따라서 위치정보의 정교함을 필요로 하는 로봇 내비게이션에서 RFID 센싱을 활용하여 삼각측량법과 유사한 방법으로 위치를 측정하는 방식은 현재로서는 사용하기 어려운 것으로 보인다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 제안된 RFID 플로어를 이용한 위치추정 기술에 대하여 살펴본다. 이 방식에서는 이동로봇의 자율 이동모듈 구현을 위해 RFID 기술을 사용하는데, RFID 안테나를 포함한 리더를 로봇에 장착하고, 절대위치정보를 포함하는 다수의 RFID 태그를 플로어에 부착한 후, 로봇이 이동 중 읽어 들이는 태그의 정보에 따라 자신의 절대위치를 파악할 수 있도록 한다.

절대좌표가 들어있는 태그 하나만을 읽어 로봇 자신의 위치를 추정하는 방법으로는, RFID 리더를 장착한 신발을 신은 사람이 RFID 태그를 배치한 플로어에서 내비게이션 하는 NaviGeta 프로젝트[4]가 있다. 이 프로젝트에서는 RFID 태그를 부착한 ID carpet을 연결해 플로어를 구축하고 신발에서 플로어의 태그를 인식하여 위치를 파악하게 한다. ID carpet에 RFID 태그를 배치하기 위한 방법으로는 평행사변형 모양의 배치 방법을 제안하고 있다. 절대좌표가 들어있는 다수의 태그를 읽어 위치를 추정하는 방법에는, Smart Vacuum Cleaner 프로젝트[5,6]가 있다.

이 연구에서는 레고로봇을 활용해 제작한 로봇이 청소가 이루어지지 않은 마루부위를 찾아내도록 하기 위해 RFID 태그가 부착된 마루를 활용한다. RFID 태그를 바닥에 배치할 때는 태그의 인식 범위가 겹치도록 하여 삼각측량법을 이용해 좌표를 확인할 수 있도록 하고 있다.

다수의 태그를 읽어 위치를 추정하는 또 다른 방법에는 [7]

에서 제안한 방법이 있다. 이 방식은 [2]와 유사한 방식이지만 로봇에 하나의 리더만을 장착하고도 비교적 정확하게 위치추정이 가능하도록 파티클 필터 기반의 Monte Carlo 알고리즘을 제안하고 있다. RFID 태그를 배치하기 위한 방법으로는 정사각형 모양의 배치 방법을 사용하고 있다.

이렇게 RFID 태그가 장착된 플로어를 구성 할 때에는 얼마나 태그를 촘촘히, 또 어떠한 배치방식으로 플로어를 구성하느냐에 따라 플로어 구성비용이 결정되고 내비게이션의 성능에도 영향을 끼치게 된다. 따라서 보다 효율적인 태그플로어 제작을 위해서는 이에 대한 성능분석이 이루어질 필요가 있다. 하지만 [4,6]에서는 어떻게 플로어에 태그를 배치해야 하는지에 대한 분석적 근거를 제시하지 않고 있다. 즉, 어떤 형태와 밀도로 태그를 플로어에 배치시키는 것이 내비게이션의 효율성 확보를 위해 적절한지에 대한 분석이 없다. 따라서 본 연구에서는 시뮬레이션을 통해 이에 대한 논리를 제시하고자 한다. 일단, 태그밀도와 태그배치방식이 결정되면 실제적인 플로어 구성을 위해서 동일한 모양의 태그가 내장된 타일을 준비하고, 이들을 연결하여 전체적인 내비게이션 플로어를 구성한다.

#### 3.1 태그밀도

RFID 태그를 플로어에 부착하여 로봇의 절대위치정보를 습득하게 하는 방식에서는 리더에서 충돌이 생기지 않는 범위 내에서 가능한 한 많은 태그를 플로어에 장착하면 효과적일 것이다. 왜냐하면 태그가 많을수록 로봇의 이동 중 더 많은 태그인식이 가능하고, 이는 로봇이 현재위치를 더 자주 파악할 수 있음을 의미하기 때문이다. 이렇게 되면, 휠베이스 내비게이션으로 인해 발생하는 오차를 더 자주 보정할 수 있다. 그러나 RFID 태그의 가격이 아직도 50센트 대에 머무르고 있는 현실을 생각할 때, 이러한 방법을 적용하기에는 플로어의 제작비용이 너무 높다. 따라서 태그밀도와 내비게이션 성능간의 상관관계를 규명하여 최소한의 태그를 가지고 목표하는 성능을 얻어내는 것이 필요하다.

#### 3.2 태그배치방식

태그의 밀도가 정해진 후, 각각의 타일에서 가장 용이하게 생각할 수 있는 태그배치방식은 그림 1(a)의 방식으로 하나의 타일에 4개의 태그를 정사각형 형태로 붙이는 방식이다. 또 다른 방식은 [4]에서 제안한 그림 1(b)의 평행사변형 형태로 태그를 붙이는 방식이다. 이 아이디어는 그림 1(a)의 방식으로는 내비게이션 도중 수직이나 수평으로 움직이는 물체를 잘 인식할 수 없을 것이라는 추정에 기반하고 있다. 하지만 그림 2(a)와 그림 2(b)에서 보는 것과 같이 이러한 인식부재의 가능성은 두 가지 방식에 공히 존재한다. 본 연구팀에서

진행한 [8]의 연구에서는 이 두 가지 방식 이외에 회전정사각형 형태의 태그배치방식 그림 1(c)을 제안한다. 이 경우, 전체 플로어에서 어떤 규칙으로 태그가 배치되었는지 확인이 어려울 정도로 불규칙해 보이며 태그간의 간격 또한 일정하지 않다. 때문에 그림 2(c)에서와 같이 어느 방향으로의 직선 이동이던지 이동물체가 태그를 인식하지 못하는 경우가 줄어들 것으로 기대된다. 또한 회전정사각형 배치방식에서 나타나는 불규칙한 태그간격이 내비게이션에 어떠한 영향을 주는지를 분석하기 위해, 전체적인 태그간격이 매우 불규칙한 랜덤 배치방식 그림 1(d)을 추가적으로 고려한다. 랜덤형 또한 그림 2(d)에서와 같이 태그를 인식하지 못하는 경우가 적을 것으로 기대된다.

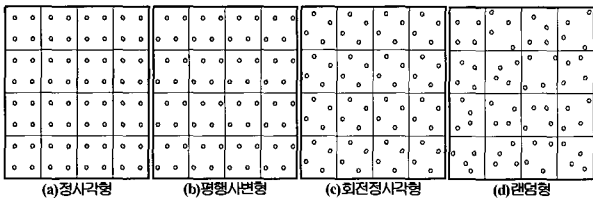


그림 1. 다양한 태그배치 방법

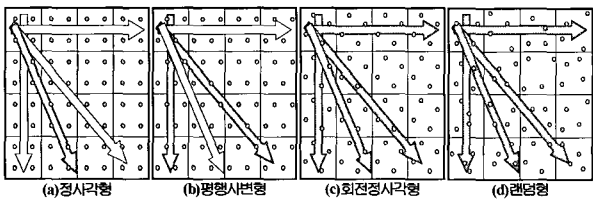


그림 2. 태그인식 실패 가능성

### 3.3 Tag 플로어 방식의 성능 분석

태그배치방식과 태그밀도가 내비게이션에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하기 위하여 [8]에서는 플로어에 배치된 RFID 태그 정보에 따라 로봇이 내비게이션하는 시뮬레이션 프로그램을 구현하였다. 프로그램은 자바(Java)언어로 구현하였고, 각종 주행환경을 반영하기 위한 파라메타를 정의하였다. 시뮬레이션에서는, 플로어에 배치된 태그는 모두 정상적으로 인식이 가능한 것으로 가정하였고, 내비게이션 중 실제 발생할 수 있는 오차 즉, 바퀴의 마찰력, 특정지면의 불균형, 바퀴의 미끄러짐 등을 고려하기 위해 일정 각도 내에서 랜덤하게 바퀴의 오차를 발생시켰다. 또한, 리더 및 태그의 인식범위는 경계가 확실하여 복수개의 태그가 동시에 읽히지 않는다는 가정 하에 시뮬레이션을 진행하였다.

플로어의 배치방식, 태그간격(밀도)을 변화 시키면서 시뮬레이션 했으며 이외의 파라메타들에는 모두 동일한 값을 사

용하였다. 데이터의 신뢰도를 향상시키기 위하여 랜덤으로 생성된 출발/도착점 쌍으로 내비게이션을 실시하였고, 각각의 출발/도착점 쌍마다 네 가지의 다른 태그배치방식을 적용하여 주행거리에 따른 비율오차를 누적한 후, 이의 평균값을 사용하여 태그배치방식의 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 횟수는 각 방식마다 50,000번을 수행하였는데, 그 이상의 경우에도 결과의 의미상 변화는 나타나지 않았다.

### 3.4 시뮬레이션 결과

[8]에서는 태그인식범위에 따라 태그의 밀도(간격)를 변화시키면서 가장 효율적인 밀도가 어디서 존재하는지를 파악하고자 하였다. 태그의 밀도 및 태그의 인식범위에 대한 변화를 제공하고 이를 네 가지 태그배치방식에 비추어 결과를 확보하였다. 태그인식범위를 변화해 가며 시뮬레이션을 한 결과 세 가지 경우에 있어 상대적 오차가 최소화되는 최적의 태그간격이 존재함을 파악할 수 있었다(태그인식범위와 태그간격의 상관관계 1:4). 사분면랜덤형에서 태그의 간격은 타일 크기를 정하는 기준은 되지만 실제 간격에서는 의미가 없기 때문에 최적태그간격 비교에서는 제외하였다.

최적의 오차를 나타내는 태그밀도에서 세 가지 태그배치방식 중, 어떤 배치방식이 가장 효율적인 것인가에 대한 분석은 표 1의 비율오차 평균을 보면 알 수 있는데, 시뮬레이션 결과 정사각형과 평행사변형에서는 성능상 차이가 거의 나타나지 않았다. 그러나 회전정사각형에서는 최대 1.65%, 랜덤형에서는 최대 2.88%의 성능향상이 나타났다.

표 1. 인식범위에 따른 최적태그간격

태그인식범위	태그간격	비율오차평균
6 cm	26 cm	(T)13.81% (S)14.79% (P)14.78%
8 cm	34 cm	(T)11.01% (S)11.81% (P)11.60%
10 cm	35 cm	(T)10.75% (S)12.29% (P)12.40%
12 cm	39 cm	(T)13.12% (S)14.70% (P)14.72%
14 cm	45 cm	(T) 9.69% (S)10.93% (P)11.16%

시뮬레이션의 결과를 볼 때, 랜덤형과 [8]에서 제시한 회전정사각형 방식의 효율이 상대적으로 높음을 확인할 수 있었다. 그러나 랜덤형을 사용하기 위해서는 각각의 타일마다 태그의 위치를 확인하여 입력해야 하는 번거로움이 있어 실제적인 타일제작을 위해서는 이 방식을 사용하기가 곤란하다. [7]에서도 랜덤형을 사용할 경우 위치추정 알고리즘이 복잡해 짐을 언급하였다. 따라서 효율성 높은 태그플로어의 제작을 위해서는 [8]에서 제안한 회전정사각형 배치방식을 사용하면 될 것이다.

#### 4. 태그 인식률을 이용한 위치추정

태그와 리더간의 거리 측정이 용이치 않은 경우라도 RFID를 사용하여 위치추적이 가능할 수 있게 하기 위하여 본 연구팀은 또 다른 위치추적 기술을 개발 중에 있다(9). 본 절에서는 태그와 리더간의 인식률만을 이용하여 사물의 현재 위치를 추적할 수 있는 방법에 대해 설명한다. 이 방식을 사용하면 삼각측량이나 필터링을 적용한 방식을 사용하는 것에 비해 훨씬 간단히 위치를 추정할 수 있다.

태그 인식률에 따른 위치추정 방법은 셀룰러 시스템의 셀 결정 방식과 유사한 방식으로 위치의 기준이 되는 태그를 중심으로 색인하고자 하는 태그가 어느 정도 떨어져 있는가를 추정한다. 이 방식의 핵심은 어떤 기준점 주변에 사물이 놓여 있는가, 즉 어떤 기준태그 주변에 사물태그가 놓였는지에 관한 정보 생성이다. 이 연구는 도서관에서 도서의 위치를 파악하기 위한 용도로 개발되었다. 각각의 도서에 RFID 태그를 부착하고(사물태그), 선반에는 기준 위치가 되는 셀태그를 부착한 후, 주기적인 태그 스캔을 통해 사물태그의 위치를 파악하게끔 하는 것으로서, 이 관계가 정립 되면 쉽게 어떤 사물태그가 어떤 셀태그와 연관되는지를 파악할 수가 있다.

본 장에서는 태그 인식 횟수를 이용하여 사물태그 ID(ID<sub>0</sub>)와 셀태그 ID(ID<sub>c</sub>)를 연관 지어 위치를 추정하는 방법에 대해 설명한다.

##### 4.1 셀 검출 알고리즘

셀태그의 효율적인 셀(범위) 정의를 위해 본 연구에서는 태그 인식률을 사용한다. 각 셀태그의 인식 횟수를 기록함으로써 태그와 리더간의 상대적인 거리가 결정될 수 있다. 리더는 고정된 위치에 있으므로 각 태그를 위한 카운터를 할당하고 태그가 인식 될 때 값을 증가 시키면 가장 큰 값을 갖는 카운터가 셀 결정을 위해 사용될 수 있다.

그러나 이 경우 이전의 인식값과 현재의 인식값에 대한 판단 능력이 부여되지 않으므로 셀태그의 현재 위치를 파악하는데 사용하기는 곤란하다. 따라서 본 연구에서는 에이징(aging)[10]을 기반으로 한 소프트웨어 솔루션을 제안한다(Aging Counter). 이 알고리즘은 인식 횟수를 기억하기 위해 비트 카운터를 사용한다. 미리 정의한 시간 간격에서, 카운터를 오른쪽으로 시프트하고 현재 읽은 것에 관한 비트(1=인식, 0=미인식)를 왼쪽에 덧붙인다. 이 방법을 사용하면 카운터는 최근에 읽은 태그만을 위치추정에 활용한다. 비트 수 만큼의 인식 기록이 남게 되고 카운터의 값은 비트 카운터 내의 1의 개수에 따라 결정된다.

Aging Counter는 이전과 최근에 읽은 것을 구분하기 때문

에 셀 결정에 사용할 수 있다. 그림 3은 16 비트 카운터의 Aging Counter 예를 보여준다. 리더가 왼쪽에서 오른쪽으로 이동함에 따라 정확한 셀의 위치를 파악한다.

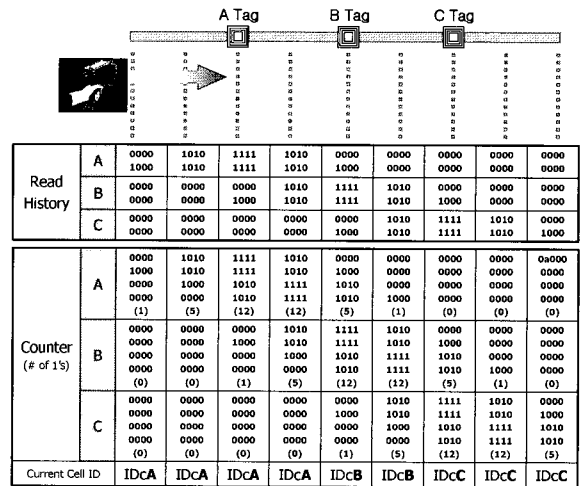


그림 3. Aging Counter를 사용한 셀 결정

##### 4.2 셀태그와 사물태그의 관계수립을 위한 알고리즘

셀태그가 결정 되면 사물태그와의 관계를 결정한다. 사물태그는 여러 셀태그 셀에서 읽힐 수 있기 때문에 ID<sub>0</sub>와 가장 가까운 ID<sub>c</sub>를 결정하는 방법이 필요하다. 그림4에서 리더는 ID<sub>cB</sub>의 셀에 있으며 사물 1, 2, 3, 4의 ID<sub>0</sub>들이 이 범위 내에서 읽힌다. 어떤 사물태그는 ID<sub>cA</sub>와 ID<sub>cC</sub>의 셀 안에서도 인식되었을 수도 있기 때문에 ID<sub>cB</sub>와 연관 관계를 수립할 때 사물태그 인식 횟수가 가장 큰 것을 사용한다. 즉, ID<sub>0</sub>와 ID<sub>c</sub>의 관계가 한번 수립되면, 관계 정의를 위해 사용된 ID<sub>0</sub>의 카운터 값을 기록한다. 이후의 스캔에서, 만약 더 큰 값을 갖는 ID<sub>0</sub> 카운터가 나타난다면 현재 셀의 ID<sub>c</sub>를 이용하여 관계를 수정한다. 현재 ID<sub>0</sub> 카운터 값보다 낮은 카운터는 반영되지 않는다.

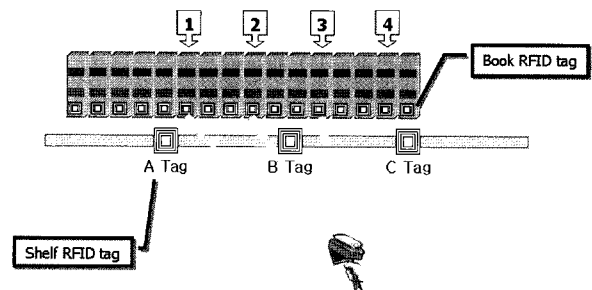


그림 4. 셀태그와 사물태그의 관계 수립

이 방식을 사용하는 경우 정확한 위치추정은 불가능 하지만 셀범위간의 구별은 가능하기 때문에 도서관내 도서의 위치확인 등 고도로 정확한 위치정보가 필요하지 않은 USN 응용에 활용될 수 있다.

### 5. 결론

자율적이고 정교한 내비게이션을 위해서는 로봇이 스스로 자신의 절대위치를 파악할 수 있도록 하는 위치추정 기법이 필요하다. 이러한 기술은 로봇분야 뿐만 아니라 향후 일반화될 USN분야의 핵심 기술로 자리 잡을 것으로 예상된다. 로 위치추정의 구현을 위해서는 외부센서를 활용한 여러 기술이 연구되고 있으며, 최근에는 RFID 기술을 이용한 기법을 로봇 분야에 활용하고자 하는 시도가 이루어지고 있다.

본 논문에서는 RFID를 이용한 기존의 위치추정 방법에 대해 살펴보고, 태그플로어 방식과 태그 인식률에 따른 새로운 위치추정 기법에 대해 설명하였다. RFID 태그플로어 방식은 플로어에 RFID 태그를 배치하고 그 정보를 이용해 로봇이 자율적으로 내비게이션 할 수 있게 하는 기법이며, 플로어에 장착된 태그의 절대위치를 로봇에 장착된 RFID 리더로 읽어 들임으로써 이동 중에 있는 로봇의 절대위치 파악을 가능하게 한다. 이 자료로 휠베이스 내비게이션에서 발생하는 상대 경로오차를 보정하도록 하여 보다 정확한 내비게이션이 이루어 질 수 있다.

태그플로어를 활용한 내비게이션 방식의 성능에 큰 영향을 끼칠 수 있는 것이 태그밀도와 태그배치방식이며, 이를 분석하기 위해 본 연구에서는 시뮬레이션 결과를 제시하였다. 그 결과 태그인식범위와 태그간격의 상관관계가 대략 1:4비율에서 모든 태그배치방식이 최소의 내비게이션 오차를 발생시키는 것을 알 수 있었다.

태그의 배치방식에서는 기존 연구에서 제시된 정사각형과 평행사변형은 유사한 성능을 나타내고, 본 연구에서 제시된 회전정사각형은 최대 1.65%의 향상된 성능을 나타내는 것으로 확인되었다. 따라서 태그타일의 제작을 위해서는 현실적으로 적용이 가능한 회전정사각형 방식을 사용하여 개개의 태그 타일을 만들고, 이를 연결하여 전체적인 태그플로어를 구성할 것을 제안한다.

인식률에 따른 위치추정 방법은 셀룰러 시스템의 셀 결정 방식과 유사한 방식으로서 위치의 기준이 되는 태그를 중심으로 위치추적 대상 태그가 어느 정도 떨어져 있는가를 추정한다. 이 방식의 핵심은 어떤 기준점 주변에 사물이 놓여 있는지를 파악하는 것이다. 본 연구에서는 Aging Counter에 기반을 두고, 리더가 태그를 읽는 빈도를 활용하여 태그의 위치

추정이 가능하게 하는 알고리즘을 개발하고, 이를 도서관의 도서 위치추적에 적용한 예를 설명하였다.

본 논문에서 제안한 실내 위치추정 방식은 로봇의 내비게이션 분야뿐만 아니라, 위치정보에 기반한 여러 USN 응용을 위해서도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] G. Kantor and S. Singh, "Preliminary Results in Range-Only Localization and Mapping," Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation, Washington, DC, May 2002
- [2] D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose, "Mapping and Localization with RFID Technology," Intel Research Institute, Seattle, WA, Tech. Rep. IRS-TR-03-014, December 2003
- [3] K. Yamano, K. Tanaka, M. Hirayama, E. Kondo, Y. Kimuro, M. Matsumoto, "Self-localization of Mobile Robots with RFID System by using Support Vector Machine," Proceedings of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 3756-3761, Sendai, Japan, September 2004
- [4] Itiro Sii, "User Position Detection using RFID Tags," Proceedings of Japanese Information Processing Society, 00-HI-88, pp. 45-50, 2000
- [5] Svetlana Domnitcheva, "Smart Vacuum Cleaner An Autonomous Location-Aware Cleaning Device," Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Computing, Tokyo, Japan, September 2004
- [6] Jürgen Bohn, Friedemann Mattern, "Super-Distributed RFID Tag Infrastructures," Proceedings of the 2nd European Symposium on Ambient Intelligence, pp. 1-12, Eindhoven, The Netherlands, November 2004
- [7] 서대성, 이호길, 김홍석, 양광웅, 원대회, "RFID 태그에 기반한 이동 로봇의 몬테카를로 위치추정," 제어·자동화·시스템공학 논문지, Vol. 12, No. 1
- [8] Jung-Wook Choi, Dong-Ik Oh, and Seung-Woo Kim, "CPR Localization using the RFID Tag-Floor," Proceedings of the Ninth Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, LNAI 4099, pp.870-874, Guilin, China, August, 2006
- [9] 김영중, 최정욱, 오동익, "RFID 위치 인식 기반의 도서

관리 시스템 설계,” 한국인터넷정보학회 학술대회 논문  
집, Vol. 7, No. 1, pp. 19-24, 2006

[10] Andrew S.Tanenbaum, Modern Operating Systems  
2/e, Prentice Hall, 2001

..... 저자약력 .....



《최 정 옥》

- 2003년 순천향대학교 컴퓨터학부 졸업.
- 2005년 순천향대학교 전산학 석사.
- 2005년~현재 순천향대학교 전산학과 박사과정.
- 관심분야 : RFID, 유비쿼터스 시스템, 임베디드 시스템, 운영체제 등.

임베디드 시스템, 운영체제 등.



《오 동 익》

- 1985년 뉴욕시립대학교 전산학과 졸업.
- 1989년 플로리다 주립대학교 전산학 석사.
- 1997년 플로리다 주립대학교 전산학 박사.
- 1997년~현재 순천향대학교 컴퓨터학부 부교수.

• 관심분야 : RFID, 유비쿼터스 시스템, 임베디드 시스템, 운영체제, 실시간 시스템, 프로그래밍언어 등.



《김 승 우》

- 1987년 연세대학교 전자공학과 졸업.
- 1989년 동 대학원 석사.
- 1989~1990년 삼성종합기술원 선임연구원.
- 1994년 동 대학원 전자공학과 박사.
- 1994년~현재 순천향대 정보기술공학부 교수.

• 관심분야 : 로봇제어, 퍼지제어시스템, SFFS Tech., 유비쿼터스 서비스로봇, 엔터테인먼트 로봇.