

물류 시스템에서 RFID 태그 수신감도를 이용한 태그 오인식 검출

Tag Mis-recognition Detection using RFID Tag Sensitivity in Logistics System

김영민*, 강의선**
(주)이에스피*, 숭실대학교 베어드학부대학**

Youngmin Kim(negkim@esponse.co.kr)*, Euisun Kang(kanges86@naver.com)**

요약

RFID의 특징 중 하나는 태그마다 고유의 식별번호를 가지고 있는 것이다. 이런 특징을 이용하여 물류 시스템에서는 태그를 제품에 부착하여 위치 추적과 재고 파악등 많은 부분에 활용되고 있다. 하지만 RFID 리더가 태그를 인식하는 과정에서 주변에 적재된 이동성이 없는 태그를 모두 인식함으로써 실질적인 인식률을 낮추는 문제가 발생하고 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 RFID리더가 태그를 인식하는 과정에서 이동하고 있는 태그와 움직임이 없는 태그의 수신 감도를 시간 별로 추적하여 분석하였다. 그 결과 이동체에 부착된 태그는 안테나와 가까워질수록 태그 수신 감도는 점차적으로 높아지지만 움직임이 없는 RFID 태그의 경우 동일한 세기의 태그 수신 감도가 유지됨을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 태그의 움직임을 판별하기 위하여 분석된 데이터와 Matlab을 이용하여 함수를 생성한 후 실험에 적용하였다. 실험 결과 적재함 주변의 움직임이 없는 태그를 소프트웨어적으로 검출할 수 있었고 전반적인 태그 인식률을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

■ 중심어 : | RFID | 물류 시스템 | 태그 수신 감도 | 매텔랩 |

Abstract

One of RFID features is that each RFID tag has a unique identifying code. Logistic System utilizes RFID tag as location tracing, understanding stock or etc. On the other hand, there is a problem of overall lower recognition rate by getting the information of non-mobility tags with no need for reading. To solve this problem, we trace and analyze variation of moving and moveless RFID tag sensitivity by the hour. In analyzed data, we verify that tag sensitivity of mobile RFID is gradually increase while non-mobility tag has same intensity value. In order to detect mobile tag, we generate a function using Matlab with analyzed data and separate moving tags from non-mobility tags by software. As a result, we can confirm that non-mobility tags are detected by software and recognition rate of RFID tag is improved by separating moveless tag.

■ keyword : | RFID(Radio Frequency Identification) | Logistic System | RFID Tag Sensitivity | Matlab |

I. 서론

RFID(Radio Frequency Identification)란 RF(Radio Frequency)전파를 이용하여 먼 거리에서 사물의 정보를 인식하는 자동 인식 시스템으로써 바코드(Bar Code)를 대신할 목적으로 사용되고 있다. 바코드는 빛을 이용하여 짧은 거리의 한정된 정보를 판독하는 반면에 RFID는 먼 거리의 정보를 읽을 수 있으며 물체를 통과하여 정보를 수신할 수 있는 특징을 갖고 있다. RFID는 RFID 태그(Tag)와 RFID 리더(Reader)로 구성된다. 태그는 안테나와 집적 회로로 이루어지는데 집적 회로 안에 정보를 기록하고 안테나를 통하여 리더로부터 받은 신호에 응답하기 위해 데이터를 전송한다. 리더는 사물에 붙어있는 태그로부터 전송된 정보를 읽어 들임으로써 사물을 인식한다[1]. 물류 시스템에서는 RFID가 다량의 태그를 동시에 인식 할 수 있다는 이점을 활용한다[2]. RFID 리더가 설치되어 있는 적재 운반 대 위에 태그가 부착된 물건이 적재 이동 통로를 통과할 때 물품을 인식하는 시스템이다. 아래 [그림 1]은 태그가 부착된 제품들이 물류창고에 적재된 예이다.



그림 1. 물류 창고 현장의 예[3]

하지만 물류창고에서 태그가 부착된 제품들이 물류창고로 이동되거나 소비자에게 배달되는 과정에서 RFID 리더가 태그를 인식하지 못하여 제품이 분실되는 경우가 발생한다[4][5]. 인식률을 높이기 위한 가장 단순한 방법은 태그를 인식하는 리더의 수를 늘리는 것이다. 하지만 이는 경제적 손실과 태그 충돌이라는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위한 방법으로 [6][7]은 안테나의 위치, 방향 그리고 각도를 정의함으로써 움직임이 있는 태그들의 스캔 범위를 최대화하고 안테나 수를 최소화하는 방법을 기술하였다. 리더는 한 개 이상의

태그로부터 데이터를 전송받는다. 이 과정에서 태그들이 보낸 데이터의 충돌이 발생하여 부정확한 데이터가 전송되거나 지연현상이 발생할 수 있다. 이는 태그 인식률을 저하시키는 원인이 된다. 이처럼 리더와 태그 간에 충돌방지 중재를 위한 충돌방지 프로토콜은 태그의 데이터 전송 시점에 따라 확률론적 방식과 결정론적 방식으로 분류된다. 확률론적 방식[8][9]은 태그가 데이터 전송시점을 임의로 결정하는 프로토콜이며 결정론적 방식[10][11]은 리더가 태그를 트리형식의 두 그룹으로 나누고 태그의 수가 하나가 될 때까지 그룹을 반복적으로 나누는 방식이다. 위 연구들은 RFID 리더 설치에 따른 태그 인식 범위와 리더가 태그 정보를 받아들일 때 발생하는 태그의 충돌 회수 및 응답시간에 강인함을 보여준다. 하지만 물류 창고에는 제품 적재 공간이 RFID 리더가 부착된 적재 통로 주변까지 구성되어 있다. 즉 리더의 설치 위치에 따라 리더가 인식 가능한 범위는 이동성이 있는 태그부터 잠시 적재통로 주변에 보관중인 움직임이 없는 태그까지이다. 이는 인식하지 말아야 할 고정 위치의 태그를 인식함으로써 충돌방지 프로토콜에서 고려되어야 할 태그 인식 시간에 영향을 줄 수 있다. 그리고 태그의 응답세기와 관계없이 이동 중인 태그를 인식하지 못하여 적재 통로 주변 태그로 판단할 수 있게 된다. 움직이는 태그만을 인식하는 단순한 방법은 리더 주변에 불필요한 물건들을 배치하지 않는 것이다. 이는 공간적, 물리적, 경제적 비용을 요구할 뿐만 아니라 RFID 리더의 전파 영역을 제한 할 수 없는 문제점이 있다. 다른 방법은 리더 주변에 차폐기를 설치하는 것이다. 하지만 전파 차폐를 통해서 모든 전파를 100% 차단 할 수 없기 때문에 물류환경에서 이동 대상이 되는 물품만을 구분하여 인식하는 것에 대한 근본적인 문제는 해결 될 수 없다. 뿐만 아니라 시스템 구성 단계에서 추가 RFID인식 시스템 외에 별도의 구조물 설치에 대한 비용 및 공간을 구비해야 하는 문제가 있다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 이동 중인 태그와 움직임이 없는 태그를 소프트웨어로 구별할 수 있는 방법을 소개하고자 한다. 이를 위해 2장에서는 RFID 리더와 인식거리의 관계를 실험하였고 3장에서는 2장의 내용을 바탕으로 물류환경에서 움직임이

없는 태그와 적재 운반대위의 이동성이 있는 태그에 대한 수신감도 차이를 기술하였다. 그리고 태그 수신감도에 따른 필터링 기준을 소개하였다. 마지막으로 4장에서는 필터링 적용 후 실험결과를 기술하였다.

II. RFID 태그 수신 감도 측정

2.1 RFID 태그 수신감도 측정을 위한 시스템 환경

RFID는 RF 주파수를 이용하여 태그의 정보를 인식하는 자동 인식 기술이다. RFID 리더는 태그와 통신할 수 있는 통신 프로토콜을 생성하고 태그와 무선 통신할 수 있는 주파수를 발생 시킨다. 리더 시스템은 태그의 정보를 수집하는 역할과 수집된 정보를 사용자가 사용할 수 있는 호스트 시스템으로 전송하는 역할을 포함하고 있다. RFID 리더는 이동유무에 따라 고정형 리더와 휴대형 리더로 구분된다. 본 논문에서는 물류 시스템 환경에서 태그의 수신 감도를 측정하기 위하여 고정형 RFID 리더에서 테스트 하였으며 이 정보를 이용하여 태그의 정보를 검출하였다.

안테나는 RFID 리더를 통하여 만들어진 RF 전파를 태그에 전송하거나 태그로부터 만들어진 정보를 리더에게 보내는 역할을 한다. 리더의 태그 인식 거리는 리더에서 출력되는 RF 전파의 세기, 안테나 이득 그리고 태그 안테나의 이득에 의하여 측정된다. 본 논문에서 다루는 태그의 수신감도 역시 안테나의 이득에 의하여 상대적인 세기가 결정되게 된다. 이를 위해 적재 통로의 입구에 안테나를 설치하고 태그 이동시 안테나로 수신된 태그의 정보를 통하여 태그의 수신 감도를 측정하였다.

RFID 태그는 인식할 대상의 제품 정보를 수반하고 있으며 안테나 부, 전원 부, 중앙처리부로 구성되어 있다. RFID 태그는 자체 전력 유무에 따라 수동형 태그(Passive Tag)와 능동형 태그(Active Tag)로 구분된다. 수동형 태그는 RFID리더를 통하여 전송된 RF Field를 이용하여 태그가 동작하게 되며 RF Field에 모듈레이션을 가하여 리더와 통신을 한다. 태그 자체는 구동 및 통신을 위한 별도의 전원을 가지지 않으며 전적으로 리

더로부터 방사된 RF전파를 이용하여 통신하는 태그이다. 능동형 태그는 태그 자체 전력을 포함하고 있으며 수동형 태그에 비해 정확도가 높고 인식 거리가 길다. 본 논문에서는 수동형 태그를 이용하여 수신감도를 측정하였다.

2.2 RFID 리더 출력과 태그의 인식 거리 관계

물류 이동환경에서 움직임이 없는 물체에 부착된 태그 인식에 의해 발생하는 오인식률을 줄이기 위해 먼저 이동 중인 태그의 수신 감도와 움직임이 없는 태그 수신 감도를 분석할 필요가 있다. 이를 위해 우선 자유공간의 경로손실 모델인 Friis 공식[5]에 따라 RFID 리더 출력에 따른 태그의 인식거리의 관계를 실험하였다.

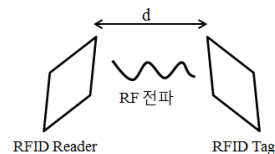


그림 2. RFID 시스템의 구성

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

여기서 P_t 는 태그가 동작하기 위한 최소 전력, P_r 은 리더의 출력포트 전력, G_r 은 리더 안테나의 이득(gain), G_t 는 태그 안테나의 이득, λ 는 중심 주파수, d 는 리더와 태그간의 인식 거리이다.

태그 칩이 RFID 리더로부터 RF 전파를 수신하여 동작 할 수 있는 전력을 -15dBm으로 정의하고 태그의 안테나 이득을 -1dB, 리더의 안테나 이득을 6dBi로 정의하였다. 리더 운용을 위한 RF 중심 주파수를 국내에서 사용되는 918MHz에 고정하여 RF Power를 1dBm에서 30dBm으로 변환하여 태그가 동작 할 수 있는 거리를 환산 하였다. 운용 환경은 전파의 간섭이 이론적으로 발생 하지 않는 무반사실 공기 중에서 시험하였다.

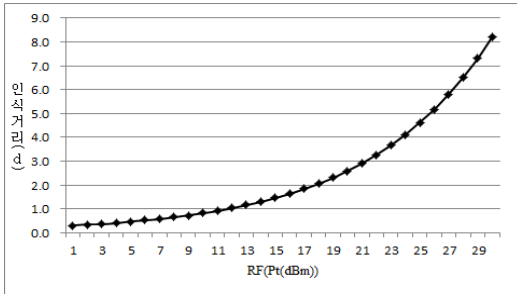


그림 3. 리더와 태그의 RF 파워에 따른 태그 인식 거리

RFID 리더와 태그 간 RF 파워에 따른 태그의 인식 거리를 식(1)에 의하여 데이터를 대입해 보면 [그림 3]과 같이 표현된다. 실험결과 정의된 식(1)와 같이 태그의 반응 거리는 RF Power의 $10 \times \log_{10}(\text{Power})$ 특성을 확인 할 수 있었다.

2.3 무반사실 Lab 환경에서의 전파 세기별

태그 인식 거리

정의된 RF출력에 따른 태그의 거리 별 수신 감도 계산식에 근거하여 무반사실 환경에서 RFID 리더의 출력과 인식 거리를 고정하고 태그의 거리를 변화해 가면서 태그의 수신 감도를 측정하였다. 그리고 태그 거리 별 태그의 수신 감도 세기가 정의된 식(1)에 대응 되는지에 대하여 검증해 보았다. 시험 환경은 최대한 전파의 간섭이나 왜란에 의한 전파의 출력 변화를 최소화하기 위하여 [그림 4]처럼 무반사실 챔버(Chamber)를 이용하여 측정하였다.

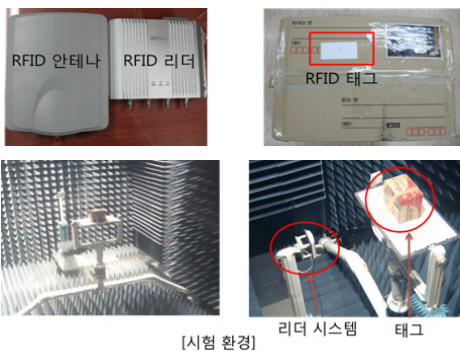


그림 4. 무반사실 태그 수신 감도 측정 환경

실험 환경에서 RFID 리더는 국내 M사 ITP-900제품을 사용하였고 사용 주파수는 917Mhz~923Mhz까지 주파수 Hopping방식[12]을 이용하여 주파수를 변화시켰다. RFID 리더 파워는 30dBm으로 고정하고 인식에 사용된 안테나 이득은 6dBi의 특성을 갖는 안테나를 사용하였다. 적용되는 태그는 Alien사의 ALN-9540을 활용하여 0~540cm 인식거리 범위 내에서 실험한 결과 [그림 5]와 같은 인식거리에 따른 태그의 수신 감도를 확인 할 수 있었다.

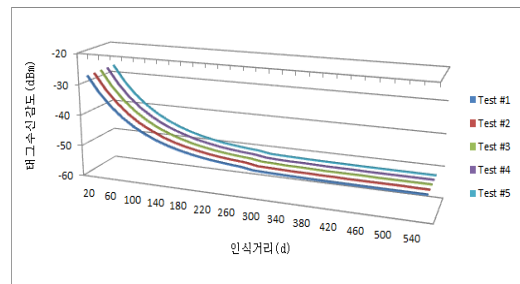


그림 5. 무반사실 리더와 태그의 거리별 태그 수신감도

물체에 부착된 1개의 태그에 대해서 5번을 반복 시험한 결과 [그림 5]처럼 각각의 수집 데이터가 비슷한 추이의 측정값을 갖는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 무반사실에서 1개의 태그에 대하여 거리 별 태그의 RF 수신 감도를 측정 해본 결과 RF출력에 따른 태그 인식 거리를 계산한 결과와 반대되는 특성을 확인 할 수 있다. 그리고 태그가 부착된 물체가 안테나에 가까워짐에 따라 태그의 RF출력이 수식에 전개된 변화 추이와 같이 태그의 수신 감도가 변화됨을 알 수 있었으며 고정된 위치의 태그는 0.1dB가량의 차이 내에서 일정한 태그 수신 감도변화가 있음을 확인 할 수 있었다. 즉 무반사실 시험 환경에서 외부 환경에 대한 전파 영향이 전혀 없다고 가정한다면 이동성이 있는 태그의 RF 수신 감도는 안테나에 가까워짐에 따라 그 세기가 RF출력에 따른 거리별 태그 RF 수신 감도 식에 의해 계산된 결과와 유사하게 변화됨을 확인 할 수 있었다.

III. 물류환경에서 태그 수신 감도에 따른 필터링 방법

3.1 물류 환경에서 RFID 태그 수신 감도 시험

본 논문은 RFID 리더가 RFID 태그를 인식하는 과정에서 움직임이 없는 물체에 부착된 태그의 인식으로 이동 중인 태그의 인식률을 떨어뜨리는 문제를 해결하기 위하여 실제 물류환경에서의 태그 수신 감도를 실험하였다. 물류 창고에서의 RF 출력에 따른 태그의 거리별 수신 감도를 측정하기 위한 시험 조건은 RFID 리더 1대, 안테나 1대를 사용하고 RFID 리더 출력은 20dBm으로 고정하였다. 실험에서는 30개의 소포에 각각 태그를 부착하였다. 여기서 10개의 소포는 RFID 리더를 통과할 태그가 부착된 것이다. 이동하는 태그와 이동대기 중인 물류창고의 환경을 재현하기 위하여 [그림 6]처럼 이동 경로 주변 좌, 우에 각각 10개의 태그를 부착한 소포들을 배치하였다.

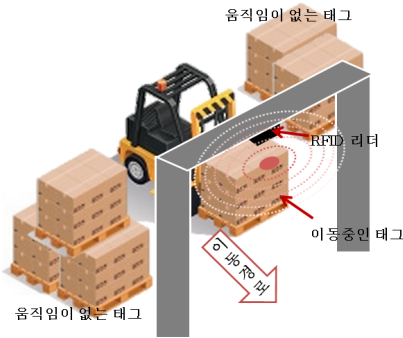


그림 6. 물류 창고의 RFID 시스템 운용 환경

실험에서는 물류 이송 작업자가 10개의 태그가 각각 부착된 물품이 적재된 팔레트를 RFID 리더와 안테나가 설치된 위치로 이동했을 때 인식된 태그의 정보를 확인해 보았다. 여기서 팔레트는 각 RFID 태그가 부착된 다량의 제품들이 적재되어 있는 이동 가능한 적재함을 의미한다. 인식 실험 결과 태그의 이동 경로를 따라 RFID 리더와 안테나가 설치된 물류 이송 적재 통로로 이동된 태그와 이동을 대기하고 있는 태그가 인식됨을 [표 1]과 같이 확인 할 수 있었다.

표 1. 고정 물류와 이동 물류에 적재된 태그의 인식 현황

위치	태그 ID	시험횟수에 따른 인식횟수										인식 여부
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
이동 중인 태그	001	12	12	13	12	14	12	13	13	10	11	정상
	002	11	11	11	12	13	12	15	11	9	11	정상
	003	11	11	11	10	11	12	12	13	9	11	정상
	004	14	12	11	9	11	14	15	14	12	11	정상
	005	13	12	11	8	12	12	11	11	12	11	정상
	006	11	11	12	9	14	12	11	11	11	11	정상
	007	11	13	12	9	12	13	12	12	14	11	정상
	008	12	12	14	11	11	13	12	12	15	11	정상
	009	13	11	12	13	11	14	14	14	11	11	정상
	010	11	14	11	11	12	13	15	13	11	11	정상
움직임이 없는 태그 1	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상	
	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상	
	103	0	0	0	12	0	11	0	0	0	14	오인식
	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	105	0	11	2	12	0	11	5	5	1	0	오인식
	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	108	0	0	2	0	1	2	1	0	1	0	오인식
	109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
움직임이 없는 태그 2	201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	202	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	정상
	210	3	0	1	0	2	1	1	2	0	0	오인식

인식 실험을 위하여 사용된 30개 태그의 식별번호는 30301234567로 시작하는 30301234567001~30301234567010, 30301234567101 ~30301234567110, 30301234567201 ~30301234567210이다. (이하 중복 번호인 30301234567는 생략) 여기서 #001~#010 태그는 RFID리더와 안테나를 통과하는 물체에 부착된 태그들이며 나머지 #101~#110과 #201~#210은 물류이동 경로에 속하지 않는 좌, 우에 적재된 이동 대기 중인 물체에 부착된 태그들을 의미한다. 실험에서는 30개의 태그에 대해 각 10번씩 실험을 수행하였고 각 회마다 인식된 횟수를 기술하였다. 예를 들어 #001의 경우 10번 실험을 수행하였으며 1번째 실험에서는 12번, 2번째 실험에서도 12번을 인식했음을 의미한다. 그리고 #103의 경우 RFID 리더를 통과하지 않는 태그임에도 불구하고 4번째, 6번째 그리고 10번째 시험하는 과정에서 각각 12회, 11회, 14회가 인

표 2. 표 1의 6번째 시험에서 측정된 태그 수신 감도

태그 ID	인식 횟수	태그 수신 감도(dBm)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
001	12	-51.2	-50.9	-49.9	-49.3	-48.5	-47.5	-46.2	-44.6	-42.5	-39.9	-36.6	-28.2		
002	12	-49.7	-50.2	-49.1	-48.4	-47.5	-46.5	-45.4	-44.5	-43.5	-39.9	-37.4	-27.1		
003	12	-50.0	-50.9	-49.9	-49.3	-48.5	-47.5	-46.2	-44.6	-42.5	-39.9	-37.4	-24.3		
004	14	-52.5	-52.1	-51.8	-50.3	-49.1	-48.3	-47.2	-46.2	-44.7	-40.9	-36.4	-32.2	-27.2	-20.2
005	12	-53.2	-52.1	-50.8	-49.3	-48.1	-47.5	-46.0	-44.6	-42.1	-38.1	-34.4	-26.2		
006	12	-51.2	-50.9	-49.9	-49.3	-48.5	-47.5	-46.2	-44.6	-42.5	-39.9	-37.4	-28.2		
007	13	-52.2	-51.9	-49.7	-49.2	-48.6	-47.1	-45.8	-43.3	-42.1	-37.9	-36.5	-27.9	-21.3	
008	13	-53.2	-52.9	-50.8	-49.4	-48.4	-47.7	-46.6	-43.6	-41.5	-38.2	-36.4	-27.2	-24.2	
009	14	-51.3	-51.0	-49.9	-49.3	-48.5	-47.5	-46.2	-44.6	-42.5	-39.9	-37.4	-28.2	-25.2	-21.2
010	13	-52.2	-51.9	-50.1	-49.0	-47.9	-46.5	-45.9	-43.5	-42.1	-38.2	-36.4	-28.0	-23.2	
103	11	-34.6	-33.6	-34.6	-34.5	-32.1	-33.2	-35.7	-34.3	-34.2	-33.6	-33.6	-	-	-
105	11	-31.6	-32.5	-34.5	-33.1	-31.3	-33.2	-31.6	-33.1	-33.2	-34.4	-34.5	-	-	-
108	2	-35.2	-36.5										-	-	-
210	1	-43.4											-	-	-

식되었다. 이와 같은 결과를 갖는 태그는 #103을 포함하여 모두 4개(#105, #108, #210)의 태그가 이동 중인 태그로 인식되었다. 즉 이동 경로를 통하여 이동되는 태그를 정상인식 태그로 정의하고 이동 대기 중인 좌우에 배치된 태그의 인식 정보를 인식하지 말아야할 오인식 태그로 정의 하였을 때 물류 창고에서의 RFID 거리별 태그의 수신 감도 측정 결과 다수의 오인식이 포함된 태그의 수신 감도가 인식됨을 확인 할 수 있었다.

[표 2]는 [표 1]을 기준으로 6번째 실험에서 검출된 인식횟수들에 대해 측정된 수신 감도를 기술한 표이다. 그리고 [그림 7]은 [표 2]에 대하여 인식된 태그의 수신 감도를 그래프로 표현한 것이다. 여기에서 움직임이 없는 태그들 중 인식되지 않은 태그는 제외하였다. 즉 이동 중인 모든 태그들(#001~#010)과 움직임이 없는 태그들(#103, #105, #108, #210)의 수신감도를 기술하였다. [표 2]에서 -51.2dBm ~ -28.2dBm 범위의 값을 갖는 #001 태그처럼 이동 중인 적재함 위에 부착된 태그들은 RFID 안테나에 가까워질수록 수신 감도가 특정 변화를 가지며 높아짐을 확인 할 수 있었다. 하지만 -34.6dBm ~ -33.6dBm 값을 갖는 #103처럼 주변에 적재된 고정된 태그는 일정한 값을 유지함을 확인할 수 있었다. 즉 인식된 태그의 수신 감도 정보를 분류해 본 결과 이동하면서 인식된 태그 #001~#010의 수신 감도의 변화 추이는 거리 별 태그의 RF 수신 감도 식을 통하여 확인했던 결과와 같이 태그가 RFID 안테나에 가까워질수록 수신 감도가 특정 변화를 가지며 높아짐을 확인 할 수 있었

다. 반면 움직임이 있는 태그(#103, #105, #108, #210)의 RF 수신 감도 변화는 일정한 범위 내에서 태그와 안테나의 인식 거리와 무관하게 태그의 수신 감도 변화를 보이고 있음을 확인 할 수 있다.

즉 고정된 태그들(#103, #105, #108, #210)은 RFID 안테나에 가까울수록 리더 인식 범위에 속하므로 인식이 되고 있으며 이는 태그 충돌 프로토콜에 의해 리더가 정보를 수신해야 하는 태그들[10][11]로 분류된다. 이는 리더가 태그 정보를 받아들일 때 발생하는 태그의 충돌 회수 및 응답시간에 영향을 줄 수 있다.

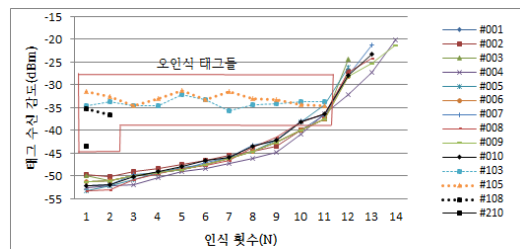


그림 7. 이동 물체와 고정 물체에서 인식된 태그 수신 감도

3.2 Matlab을 이용한 이동 태그의 수신 감도 변환

본 논문에서는 물류 환경에서 오인식을 발생시키는 움직임이 없는 태그들을 선별하기 위하여 이동 중에 인식된 태그의 RF수신 감도 데이터에 대해 Matlab을 이용하여 [표 3]처럼 태그 수신감도 추이 변환식으로 구성하였다. [표 3]의 Matlab은 태그가 안테나로부터 멀

어진 곳에서 점점 가까워진 상태의 데이터를 리더가 인식된 시간별로 수집된 정보이기 때문에 인식된 순서에 따라 태그의 수신 감도가 점점 높아지는 것으로 표현된다. 변환 결과 RF거리 별 태그의 인식거리의 수식(1)에서와 같이 RFID태그가 안테나로부터 인식 거리가 가까워짐에 따라 수신감도가 높아짐을 수식으로써 확인할 수 있었다.

표 3. Matlab을 이용한 태그 수신 감도 추이 변환식

General model Exp:	
$f(x) = a \times \exp(b \times x) + c \times \exp(d \times x)$	
Coefficients (with 95% confidence bounds):	
a = 0.006615	(-0.009419, 0.02265)
b = 0.6374	(0.4435, 0.8313)
c = -53.22	(-54.23, -52.22)
d = -0.01923	(-0.02443, -0.01404)
Goodness of fit:	
SSE:	1.769
R-square:	0.9967
Adjusted R-square:	0.9955
RMSE:	0.4702

[그림 8]은 이동성이 있는 #001~#010 태그들의 인식 횟수 중 [표 2]에 대하여 1~12번의 태그 수신 감도에 대한 각각의 평균값(f(x)), 최대값(f(max)), 최소값(f(min))을 Matlab을 이용하여 그래프로 표현한 것이다. 여기서 최소값과 최대값은 태그 수신 감도에 따른 필터링을 위한 기준치로 사용된다.

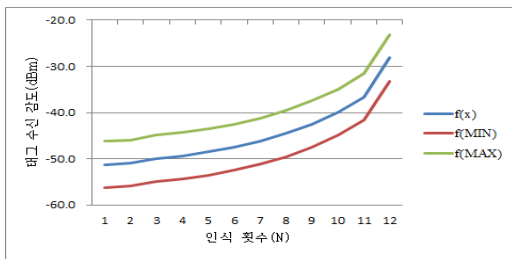


그림 8. Matlab을 이용한 f(x), f(MIN), f(MAX)

3.3 태그 수신 감도에 따른 필터링 방법

Matlab을 이용한 태그의 수신 감도 변환식은 태그가 부착된 이동 중인 물체와 고정된 물체를 구분하는 기준

을 설정할 수 있다. 다음 [그림 9]는 Matlab을 기반으로 이동 태그와 고정 태그를 구분하기 위한 과정을 순서도로 표현한 것이다.

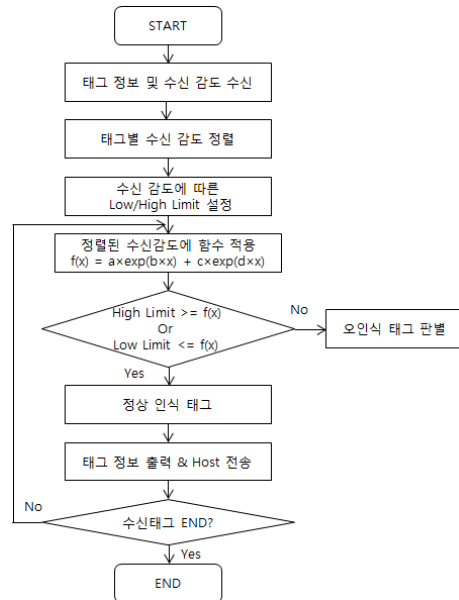


그림 9. 오인식 태그 필터링을 위한 순서도

입력된 태그의 정보가 정확히 Matlab에 의해 변환된 수식을 추종하지 않기 때문에 ±오차를 수용할 수 있는 Limit를 두고 태그의 수신 감도를 함수에 대입하여 Low 및 High Limit을 벗어나지 않는 범위 내에서 태그 정보를 인식하였다. 이로써 Limit범위를 벗어난 태그 데이터를 고정 위치에 있는 태그로 인식함으로써 이동 중인 태그와 그렇지 않은 태그로 분리하였다.

IV. 실험결과

본 논문에서는 Matlab을 통하여 변환된 태그 수신감도의 함수를 바탕으로 [표 1]의 실험데이터에 적용해 보았다. 오인식 필터링 알고리즘을 적용하여 취득된 태그 데이터를 필터링하여 비교한 결과 이동된 물체에 부착된 태그의 경우 태그의 수신 감도가 점차적으로 안테나에 근접함에 따라 정상적으로 인식된 태그의 정보로

표 4. 필터링 적용 후 태그 수신 감도에 대한 데이터

태그 ID	인식 횟수	태그 수신 감도(dBm)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
001	12	- 51.2	- 50.9	- 49.9	- 49.3	- 48.5	- 47.5	- 46.2	- 44.6	- 42.5	- 39.9	- 36.6	- 28.2		
002	12	- 49.7	- 50.2	- 49.1	- 48.4	- 47.5	- 46.5	- 45.4	- 44.5	- 43.5	- 39.9	- 37.4	- 27.1		
003	12	- 50.0	- 50.9	- 49.9	- 49.3	- 48.5	- 47.5	- 46.2	- 44.6	- 42.5	- 39.9	- 37.4	- 24.3		
004	14	- 52.5	- 52.1	- 51.8	- 50.3	- 49.1	- 48.3	- 47.2	- 46.2	- 44.7	- 40.9	- 36.4	- 32.2	- 27.2	- 20.2
005	12	- 53.2	- 52.1	- 50.8	- 49.3	- 48.1	- 47.5	- 46.0	- 44.6	- 42.1	- 38.1	- 34.4	- 26.2		
006	12	- 51.2	- 50.9	- 49.9	- 49.3	- 48.5	- 47.5	- 46.2	- 44.6	- 42.5	- 39.9	- 37.4	- 28.2		
007	13	- 52.2	- 51.9	- 49.7	- 49.2	- 48.6	- 47.1	- 45.8	- 43.3	- 42.1	- 37.9	- 36.5	- 27.9	- 21.3	
008	13	- 53.2	- 52.9	- 50.8	- 49.4	- 48.4	- 47.7	- 46.6	- 43.6	- 41.5	- 38.2	- 36.4	- 27.2	- 24.2	
009	14	- 51.3	- 51.0	- 49.9	- 49.3	- 48.5	- 47.5	- 46.2	- 44.6	- 42.5	- 39.9	- 37.4	- 28.2	- 25.2	- 21.2
010	13	- 52.2	- 51.9	- 50.1	- 49.0	- 47.9	- 46.5	- 45.9	- 43.5	- 42.1	- 38.2	- 36.4	- 28.0	- 23.2	
103	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
108	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
210	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

데이터를 취득 할 수 있었고 고정된 물체에 부착된 태그의 경우 필터링 알고리즘에 의하여 수신된 정보가 제거되어 오인식 태그 정보로 추출할 수 있게 되었다.

[표 2]에서와 같이 필터링 알고리즘을 적용하기 전 데이터는 움직임이 없는 물체에 부착된 태그 정보에 인식 횟수를 포함하고 있지만 필터링 작업을 거친 태그의 정보는 오인식으로 판별되어 태그의 인식 횟수가 0임을 [표 4]에서 확인 할 수 있었다.

실험에 적용한 태그는 총 30개 중 실제 목적으로 이동하고자 하는 대상 태그는 10개, 그밖에 이송 대기 중인 태그는 좌측 10개, 우측 10개로 태그 수신 감도를 추적하지 않은 일반 시스템에서는 정상 인식 태그 10개와 좌측 대기 태그 3개, 우측 대기 태그 1개를 포함한 14개의 태그가 인식 되었다. 이 때 정상 인식 태그는 10개, 오인식 태그는 4개가 발생 하였다. 이는 40%의 오인식률을 갖는 시스템으로 평가 되었다. 하지만 태그 수신 감도를 필터링한 결과 이동 태그 10개만 인식하는 결과로 0%의 오인식률을 얻을 수 있다. 인식률로 환산을 하면 필터링을 거치지 않는 태그는 71.4%, 필터링을 거친 태그는 100%의 인식률을 얻을 수 있었다.

표 5. 태그 수신 감도 필터링 적용 결과

	총 인식태그	정상 인식	오인식	정상 인식률
태그 수신 감도 필터링 미적용	14	10	4	71.42%
태그 수신 감도 필터링 적용	14	10	0	100%

V. 결론

RFID의 가장 큰 장점은 다수의 태그를 짧은 시간에 동시에 인식 할 수 있다는 것이다. 그러나 현실적으로 RFID를 이용하여 물류 자동화를 구축하고자 하는 사업장의 환경은 물류의 저장 공간과 물류를 이동해야 하는 공간이 혼재해 있다. 또한 RFID의 전파 특성상 전파의 범위를 임의로 제한 할 수 없는 관계로 적재된 물류와 이동 중인 물류의 인식을 임의로 구별 할 수 없다. 이런 이유로 인하여 물류 현장에서는 대량의 태그를 인식하고자 할 때 실제 인식해야 하는 태그 외에 다른 태그가 인식되는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 물류 환경에서 파렛트나 기타 이동체에 적재되어 이동하는 태그와 물류 창고에 적재된 태그의 수신 감도를 분석하고 이를 바탕으로 소프트웨어적으로 구분하였다. 이로써 다량의 태그를 일괄 이송하는 물류 시스템에서 인식에 대한 오류를 개선할 수 있음을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] R. Want, "An Introduction to RFID Technology," IEEE Pervasive Computing, Vol.5, No.1, pp.25-33, 2004.
- [2] 성동욱, 박준호, 유재수, "RFID 물류 유통 모니터링 시스템을 위한 오류 감지 알고리즘," 한국콘텐츠학회논문지 '15 Vol. 15 No. 8

츠학회 춘계종합학술대회, pp.545-546, 2011.

[3] <http://kdc.kotra.or.kr/kedc/area15.html>

[4] H. Dane, K. Michael, and S. F. Wamba, "RFID enabled Inventory Control Optimization: A Proof of Concept in Small-to-Medium Retailer," University of Wollongong, Australia, 2010.

[5] 정기욱, "유빈쿼터스 시대로 가는 장애물:RFID 시스템의 인식률과 오차범위," Micro Software, pp.152-157, 2006(9).

[6] M. H. Jo, H. Y. Youn, S. H. Cha, and H. S. Choo, "Mobile RFID tag detection influence factors and prediction of tag detectability," IEEE Sensors Journal, Vol.9, No.2, pp.112-119, 2009.

[7] K. S. Yoon, W. J. Kim, and H. N. Kim, "Enhancement of Tag Recognition with the Use of Antenna Scanning for RFID Systems," ITC-CSCC, Vol.2009, No.7, 2009.

[8] J. Cha and J. Kim, "Dynamic framed slotted ALOHA algorithm using fast tag estimation method for RFID system," IEEE Consumer Communications and Networking Conference, Las Vegas, USA, Jan. 2006.

[9] L. Roberts, "Aloha packet system with and wiout slots and capture," ACM Computer Communication Review, Vol.5, No.2, pp.28-42, 1975.

[10] C. Law, K. Lee, and K. Y. Siu, "Efficient Memoryless Protocol for Tag Identification," in proceeding sof the 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications, pp.75-84, Boston, Massachusetts, USA, Aug. 2000.

[11] H. Wu, Y. Zeng, J. Feng, and Y. Gu, "Binary tree slotted ALOHA for passive RFID tag anti-collision," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol.24, No.1, pp.19-31, 2013.

[12] J. S. Min and H. Samueli, "Analysis and

Design of a Frequency-Hopped Spread-Spectrum Transceiver for Wireless Personal Communications," IEEE Transactions on vehicular technology, Vol.49, No.5, Sep. 2000.

저 자 소 개

김 영 민(Han-Kook Kim)

정희원



- 1998년 8월 : 유한대학(공학학사)
- 2014년 8월 : 숭실대학교 IT 경영학과(석사)
- 2013년 8월 ~ 현재 : (주)이에스피 대표

<관심분야> : RFID, IoT 플랫폼, 생체 신호 인식 및 처리

강 의 선(Euisun Kang)

정희원



- 2002년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 숭실대학교 미디어학과(공학박사)
- 2007년 ~ 현재 : 숭실대학교 베어드학부대학 교수

<관심분야> : 멀티미디어 통신, 이미지 프로세싱