

농식품 물류관리를 위한 UHF 대역의 게이트형 RFID 시스템 개발

김종훈 정진웅 권기현 강주선

Development of Gate Type RFID System Using UHF Band for Food and Agricultural Products Logistics

J. H. Kim J. W. Jeong K. H. Kwen J. S. Kang

Abstract

The power strength of electric wave of reader looked radiation forms from the gate type RFID system. The more distant from antennas, the weaker of power strength of electric wave. The power strength of electric wave with 3 antennas showed stronger than its with 2 antennas. With 2 antennas, the coefficient of correlation between the power strength of electric wave and response ability of tag was 0.665 ($p=0.009$), and it showed results at significance level. With 3 antennas, the coefficient of correlation was 0.711 ($p=0.004$), relationship between the power strength of electric wave and the response ability of tag showed at significance high level. From the analysis result about tag reading performance on the gate type RFID system, the reading rate was good when tags were attached on a acrylic plate which were located in front of 3 or 4 antennas. As tags were getting away from antennas, the reading rate was decreased. The nearer from antennas, the higher the reading rate at the center. When tags were turned at right angles with antennas, the longer distant from antennas, the lower reading rates at the center, right and left locations. When the number of antennas and distance are constant, respectively, the significant difference of the tag reading rates according to the locations of left, right and center were not found.

Keywords : RFID, RFID system, Logistics, Agricultural products

1. 서론

RFID(Radio Frequency Identification)는 전자태그에 내장된 정보를 전파를 이용하여 안테나와 리더기를 통해서 비접촉 방식으로 읽어내는 기술로서 개체에 부착된 태그로부터 객체의 정보를 비롯하여 객체와 관계하는 주변 환경이나 여타 객체까지 무선전파를 이용하여 인식하고, 해당정보를 수집, 저장, 가공, 변환, 전송, 추적, 관리함으로써 객체에 대한 정보를 실시간으로 제공하는 기술이다. RFID는 IT의 발달로 네트워크의 유선에서 무선으로 진화가 활발하게 이루어지고

있는 가운데 유비쿼터스 환경이라는 새로운 패러다임을 이끌고 있으며 물류, 유통, 생산, 식품, 안전, 군사, 자산관리 등 다양한 분야에 적용되어 막대한 파급효과를 지닌 기술로 인식되고 있다(Finkenzeller, 2003; 박, 2006; 윤, 2006).

RFID는 기존에 사용되던 바코드에 비하여 내환경성이 우수하고 재활용이 가능하며, 태그가 보이지 않아도 인식이 가능하고 실시간으로 정보통신 시스템과 연동이 가능하다. RFID는 향후 물류분야에서 바코드를 대체할 것으로 전망되며, 농식품의 물류시스템과 이력추적관리 분야에도 활발히 적용될 것이다. 선진국의 경우 농식품 유통관리는 WMS(Warehouse

This study was conducted by research fund supported by the Agricultural R&D Center (ARPC). The article was submitted for publication on 2008-04-02, reviewed on 2008-04-30, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-05-20. The authors are Jong Hoon Kim, Principal Researcher, KSAM member, Jin Woong Jeong, Principal Researcher, KSAM member, Ki Hyun Kwon, Researcher, KSAM member, Korea Food Research Institute, and Ju Seon Kang, Team Head, Business Model Design Team, Ulogisnet Co., LTD. Corresponding author: J. H. Kim, Principal Researcher, Korea Food Research Institute, Songnam, 463-746, Korea; E-mail: <jhkim@kfri.re.kr>.

Management System), TMS(Transportation Management System)를 적용하고 있으며, 최근 RFID 등 IT를 접목하여 실증사업을 추진하고 있는 실정으로 관련된 기술은 개념정립단계를 벗어나 2007년부터는 기업화 단계에 진입하고 있다(Haraldsvik, 2007; Nakajima, 2007). 국내에서는 지식경제부(구 정보통신부와 산업자원부)를 중심으로 RFID 시범사업이 추진되고 있으며 수년내 광범위한 분야에 실용화가 이루어질 전망이다. 국내 농업분야에서는 가축개체인식의 실증사업이 수행되었으나 농식품의 물류관리를 위한 연구는 미비한 실정으로 향후 RFID의 전면적인 확산을 대비하여 혼란을 최소화하고 안정된 시스템 전환을 위해서는 농산품에 적합한 RFID 적용기술의 연구가 필수적이다. 본 연구에서는 농식품의 물류관리를 위한 게이트형 RFID 시스템을 설계하고 시스템의 전파출력, 태그 응답을 및 태그 인식능력을 분석함으로써 RFID를 이용한 농식품 물류관리 시스템 개발의 기초자료를 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 게이트형 RFID 시스템

RFID 시스템은 기본적으로 리더기, 안테나, 태그, 컨트롤러로 구성된다. 본 실험에서 사용된 게이트형 RFID 시스템은 파렛트 단위로 이송, 관리되는 농식품의 물류유통에 적용하기 위하여 높이 3.8 m, 폭 3.2 m의 구조물을 제작하여 리더기와 안테나를 설치하였다. 구조물은 알루미늄재질의 게이트 형태로 안테나의 위치 및 인식각도 조절이 가능하도록 제작하였다(Fig. 1).

리더기(IF4, Intermec, U.S.A.)는 EPC Class1 Gen2 & ISO 18000 프로토콜을 사용하였으며, 주파수는 UHF대역의 860 MHz 부터 960 MHz까지 사용이 가능하다. 안테나(IA31B, Intermec, U.S.A.)는 6 dBi Gain의 Circular Polarized Antenna으로써 한

대의 리더기에 4개의 안테나까지 장착이 가능하다. 시스템의 주파수는 FHSS(frequency hopping spread spectrum)방식으로 관리되며, 주파수 허용편차는 ± 2 ppm 이하, 송신 공중선 절대이득은 6 dBi, 점유 주파수 대역폭은 200 kHz이하이다.

EPCglobal에서는 RFID 태그에 사용되는 정보코드(EPC, Electronic Product Code)에 관하여 ISO와 협력하여 RFID 태그의 표준화 작업을 수행하고 있다. 세계적으로 물류유통 분야는 UHF 대역의 주파수를 사용하며 태그의 경우 EPC Gen2 형식이 일반화되고 있다(Myerson, 2007). 따라서 본 연구에서는 농식품 물류관리에 사용될 태그로 UHF 대역 class1 Gen2 태그를 선정하였다. EPC class1 Gen2 태그는 필드에서 사용자에게 의해 프로그램이 가능하며, EPC 저장용, PW 저장용, 태그정보 저장용의 3가지 필수 메모리를 가지고 있다. 주파수는 국내는 물론 세계적으로 물류, 유통 및 SCM 분야에 표준으로 적용되고 있는 ISO/IEC 18000-6에서 정의한 860-960 MHz 주파수 대역을 사용하였다.

나. 태그 인식능력 분석 프로그램

태그의 인식능력 분석 프로그램은 Microsoft .net Framework 2.0, Visual studio .net을 사용하여 개발하였다. 프로그램은 탑-다운방식의 유저인터페이스 메뉴로 구성하였으며, 23(L)×23(H)으로 구획된 각각의 위치에 태그 인식결과와 태그 인식율, 실험조건 등 인식실험 결과를 분석 할 수 있다. 그림 2는 개발된 프로그램의 초기설정 화면, 인식결과 화면을 나타낸 것이다.

다. 전파출력 및 태그 응답

전파출력은 ISO/IEC 18000-6 air interface를 사용할 때 위치별 리더기의 전파출력을 분석하였다. 리더기의 전파출력은 리더기의 안테나가 2개, 3개일 때 스펙트럼분석기(N1996A, Agilent, USA)를 이용하여 위치별로 전파세기를 측정하였다.

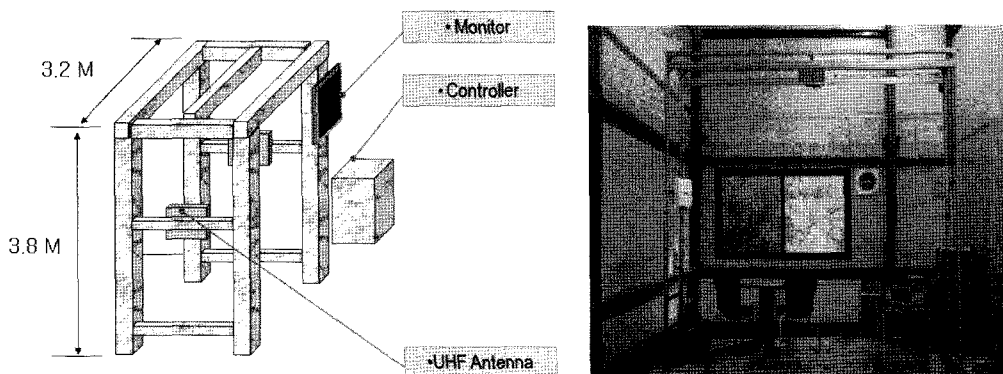


Fig. 1 View of gate type RFID system.

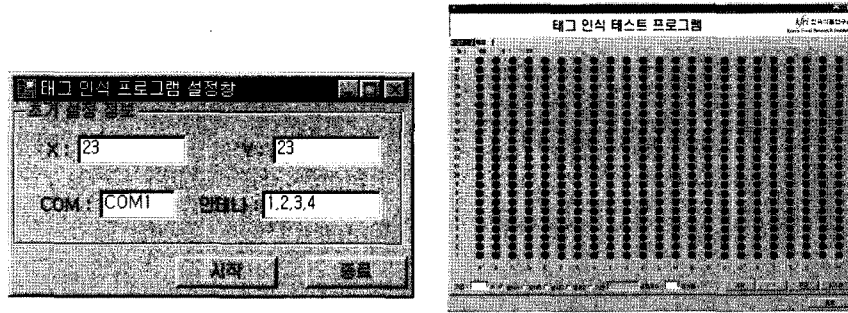


Fig. 2 View of tag reading analysis program (Left: initial setting, Right: result window).

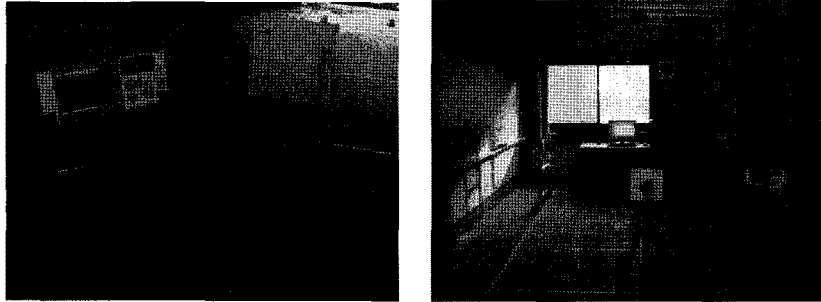


Fig. 3 View of test for reader power and tag response.

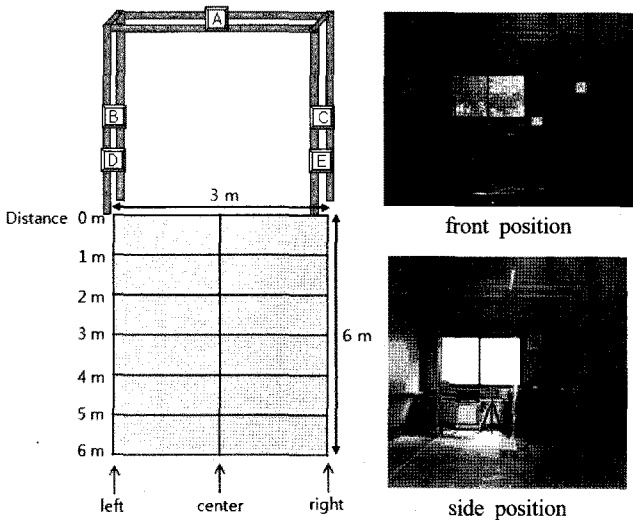
그림 3은 실험에 사용된 계측장비와 RFID zone에서 리더기의 전파출력을 측정하는 모습을 나타낸 것이다. 태그 응답율은 리더기에서 전파를 출력한 횟수에 대하여 태그가 응답한 횟수를 백분율로 하여 분석하였다.

라. 태그 인식능력

태그의 인식능력은 게이트형 RFID 시스템으로부터 폭 3 m, 길이 6 m의 RFID test zone을 설정하였으며, 일반적으로 RFID 시스템의 리더기에 안테나가 최대 4개까지 설치가 가

능하므로 안테나가 1개, 2개, 3개, 4개의 경우에 태그의 위치, 안테나로부터의 거리, 방향에 따른 인식율을 분석하였다. 태그의 위치별 인식실험은 폭 3 m, 높이 3.5 m의 아크릴판에 고유 ID가 부여된 태그(UHF 대역 class1 Gen2)를 10 cm 간격으로 부착하여 실험에 사용하였으며, 아크릴판에 부착된 태그는 한 줄에 12개, 23줄로 총 276개의 태그가 부착되었다. 이때 총 276개의 태그에는 각 위치별 정보가 입력되어 있다. 안테나로부터 거리에 따른 태그 인식실험은 폭 3 m, 길이 6 m의 RFID test zone에서 길이 방향으로 1 m 간격으로 수행되었으며, 태그 방향에 따른 인식실험은 안테나와 태그가 마주보는 정방향의 경우와 안테나와 태그의 방향이 교차하는 측방향의 경우로 각 위치별 태그의 인식율을 분석하였다. 태그 인식율은 test zone에 위치한 총 태그 수에 대하여 시스템에서 태그 정보를 인식한 태그의 수를 백분율로 나타내었다.

실험결과는 분산분석(ANOVA)을 통하여 처리구별로 유의적인 차이를 분석하였으며, 각 집단끼리의 평균치 차이는 다중비교방법(multiple comparison)인 Duncan 방법을 사용하였다. 실험결과의 통계분석은 통계프로그램인 SAS 6.11을 이용하였다.



Number of antenna: 1(A), 2(B, C), 3(A, B, C), 4(B, C, D, E)

Fig. 4 View of test for tag reading performance.

3. 결과 및 고찰

가. 전파출력 및 태그 응답율

그림 5와 그림 6은 수신전력 스펙트럼을 이용하여 RFID

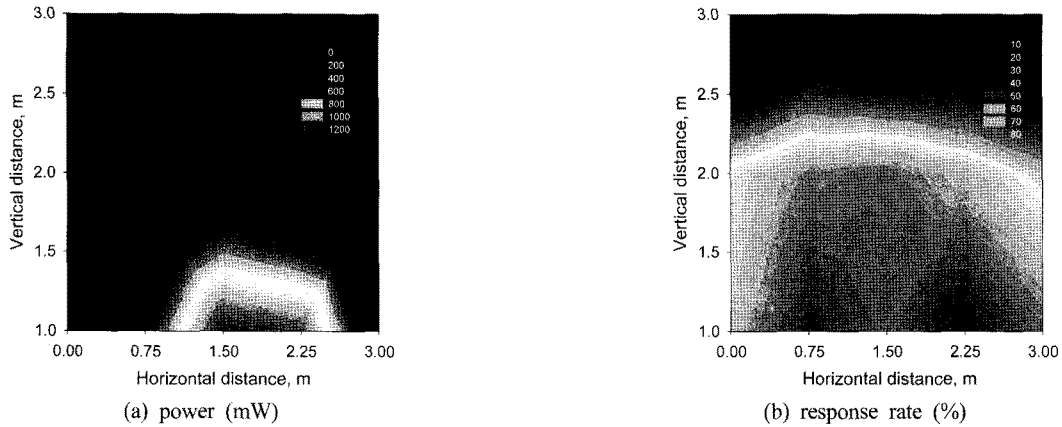


Fig. 5 Tag response rate and electric wave power with two antennas.

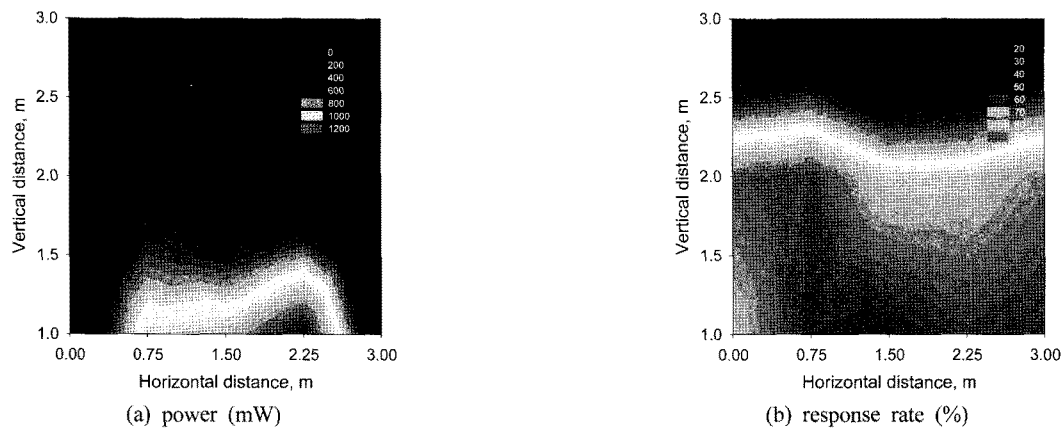


Fig. 6 Tag response rate and electric wave power with three antennas.

zone에서의 각 위치별 수신전파 세기와 태그 응답율의 분석 결과를 나타낸 것이다. RFID zone에서 리더기의 출력전파 세기는 방사선 형태를 나타내고 있으며 안테나로부터 거리가 멀어질수록 전파세기는 작아지는 것으로 나타났다. 또한 안테나 3개일 때 안테나 2개보다 전반적으로 RFID zone에서 출력전파의 세기가 크게 분포하는 것으로 나타났다. RFID zone에서 위치별 전파출력 세기와 태그의 응답율의 상관관계를 산출한 결과, 안테나 2개일 때 전파출력 세기와 태그 응답율의 상관계수 r 은 $0.665(p=0.009)$ 로 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 안테나 3개일 때 상관계수 r 은 $0.711(p=$

$0.004)$ 로 전파출력의 세기와 태그 응답율은 정적인 상관성이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과에서 태그 응답율은 인식할 태그가 위치한 곳의 RFID 시스템의 리더기의 출력 전파가 클수록 높아진다는 것을 알 수 있으며, 농식품 물류현장에서 RFID 시스템 적용시 현장의 외부환경에 따른 리더기의 전파출력 분석을 통한 시스템 설치가 필요한 것으로 판단된다.

나. 정방향 위치일 때 태그 인식능력

표 1은 안테나와 태그가 마주보는 정방향에서 안테나가 1개, 2개, 3개, 4개일 때 거리에 따른 태그 인식율 분석 결과를

Table 1 Tag reading rate at the front position as number of antenna and distance were increased (unit : %)

Number of antenna	Distance (m)						
	0	1	2	3	4	5	6
1	34.7±4.7 ^{c(1)}	49.6±2.0 ^d	48.7±3.8 ^c	43.5±3.1 ^c	37.6±2.6 ^c	33.9±1.5 ^d	34.8±1.6 ^c
2	58.3±2.4 ^b	66.8±0.9 ^c	64.9±0.0 ^b	63.3±0.9 ^b	63.0±1.0 ^b	56.8±1.2 ^c	56.2±1.7 ^b
3	63.4±2.2 ^b	69.3±0.4 ^b	67.6±2.4 ^{ab}	67.9±0.6 ^a	63.0±1.1 ^b	65.6±0.6 ^b	64.1±3.7 ^a
4	69.9±1.8 ^a	72.0±1.2 ^a	71.0±0.7 ^a	68.8±1.7 ^a	66.9±0.2 ^a	69.1±0.6 ^a	66.4±2.1 ^a

¹⁾Average±S.D. (N=3). Mean with different superscript in each column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

나타낸 것으로, 안테나로부터의 거리 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 m의 위치에서 안테나 4개일 때 인식율이 높게 나타났으며 안테나 수가 많을수록 인식율이 높은 경향이 나타났다. 안테나 수에 따른 집단간 유의적 분석한 결과, 거리가 0, 1, 2, 4, 5 m일 때 안테나 수가 4개일 때 가장 인식율이 좋은 것으로 나타났으며, 거리 3, 6 m에서는 안테나가 3, 4 개일 때 집단간 유의적인 차이가 없이 인식율이 좋은 것으로 나타났다.

또한 정방향에서 안테나로부터의 거리에 따른 태그 인식율 분석 결과, 안테나로부터 1~2 m 떨어졌을 때 태그 인식율이 높은 것으로 나타났다. 안테나 수에 따른 집단간 유의적 분석한 결과에서도 안테나 1개일 때 거리 1, 2 m에서 인식율이 49.6%, 48.7%로 0, 3, 4, 5, 6 m 거리보다 인식율이 높은 것으로 유의적인 차이가 나타났다. 안테나 2개, 3개, 4개의 경우에는 안테나로부터 1 m거리일 때 인식율이 각각 66.8, 69.3, 72.9%로 안테나로부터 거리 0, 2, 3, 4, 5, 6 m인 경우와 유의적인 차이를 나타내었다.

다. 측방향 위치일 때 태그 인식능력

표 2는 측방향에서 위치별 안테나 1개에 따른 태그 인식율

결과를 나타낸 것으로, 안테나로부터 태그가 0, 1 m에서는 test zone 중간 위치에서 인식율이 높게 나타났다. 안테나로부터 거리 2, 5 m에서는 위치별로 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 거리 3, 4 m에서는 태그의 위치가 오른쪽, 왼쪽에서 인식율이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 RFID 리더기의 전파출력 분석 결과에서 RFID zone에서 리더기의 출력전과 세기는 방사선 형태를 나타내고 있다는 결과와 일치하는 것으로, 안테나로부터 1 m까지는 중심위치에서 인식율이 높게 나타났으나 안테나로부터 멀어질수록 오른쪽, 왼쪽, 중심 위치의 인식율 차이는 줄어드는 것으로 나타났다.

표 3, 4, 5는 측방향에서 안테나 2개, 3개, 4개일 때 위치별 태그 인식율 분석결과를 나타낸 것이다. 안테나로부터 거리 2 m에서 276개 태그의 최대 인식율은 안테나 2, 3, 4개일 때 각각 68.1, 70.8, 74.9%로 안테나로부터 동일한 거리에서 안테나 수가 많을수록 태그 인식율이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 태그가 test zone의 중간 지점에 위치할 때 안테나로부터 거리에 따른 집단간 유의적 차이를 분석한 결과 안테나 1개, 3개, 4개에서는 1 m 이내, 안테나 2개일 때는 2 m이내의 태그 인식율이 좋은 것으로 나타났다.

Table 2 Tag reading rate at the side position with one antenna (unit : %)

Location	Distance (m)					
	0	1	2	3	4	5
Left	43.2±2.9 ^{b1)}	36.7±2.2 ^b	33.8±4.9 ^a	25.4±3.8 ^b	31.2±1.9 ^a	30.0±3.4 ^a
Center	50.7±0.7 ^a	43.5±1.9 ^a	32.6±0.7 ^a	25.6±2.3 ^b	24.9±3.6 ^b	23.4±3.6 ^a
Right	46.1±3.7 ^{ab}	40.6±1.9 ^{ab}	29.5±1.1 ^a	33.3±1.4 ^a	27.8±2.1 ^{ab}	25.8±3.6 ^a

¹⁾Average±S.D. (N=3). Mean with different superscript in each column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 3 Tag reading rate at the side position with two antenna (unit : %)

Location	Distance (m)					
	0	1	2	3	4	5
Left	64.3±3.4 ^{b1)}	68.1±2.9 ^a	68.1±2.9 ^a	66.9±0.8 ^a	63.3±2.9 ^a	64.5±2.2 ^a
Center	72.6±1.0 ^a	70.3±2.6 ^a	66.2±3.6 ^a	68.4±1.8 ^a	63.0±1.9 ^a	65.0±0.4 ^a
Right	69.8±0.8 ^a	69.1±1.9 ^a	68.1±1.4 ^a	65.7±1.5 ^a	61.8±3.0 ^a	61.1±2.9 ^a

¹⁾Average±S.D. (N=3). Mean with different superscript in each column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 4 Tag reading rate at the side position with three antenna (unit : %)

Location	Distance (m)					
	0	1	2	3	4	5
Left	72.7±1.1 ^{b1)}	69.3±2.7 ^a	70.8±1.8 ^a	68.8±3.3 ^a	64.5±1.3 ^a	64.0±0.8 ^a
Center	76.1±0.7 ^a	70.8±0.5 ^a	71.5±0.8 ^a	69.1±0.8 ^a	66.7±3.2 ^a	67.2±3.0 ^a
Right	71.5±2.5 ^b	71.0±1.4 ^a	68.8±1.9 ^a	69.6±1.9 ^a	66.7±1.9 ^a	66.9±2.7 ^a

¹⁾Average±S.D. (N=3). Mean with different superscript in each column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 5 Tag reading rate at the side position with four antenna (unit : %)

Location	Distance (m)					
	0	1	2	3	4	5
Left	76.6±0.4 ^{a1)}	73.9±0.0 ^a	74.9±0.4 ^a	68.8±1.9 ^a	70.0±1.1 ^a	70.3±1.9 ^a
Center	77.3±0.4 ^a	74.6±1.3 ^a	71.7±1.5 ^b	68.8±0.0 ^a	71.0±0.7 ^a	70.1±0.4 ^a
Right	72.7±4.4 ^a	73.7±0.8 ^a	73.7±2.1 ^{ab}	71.0±2.5 ^a	68.6±2.1 ^a	68.8±1.4 ^a

¹⁾Average±S.D. (N=3). Mean with different superscript in each column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

4. 요약 및 결론

게이트형 RFID 시스템은 RFID 리더기, 안테나, 태그, 컨트롤러, 시스템 프레임으로 설계되었다. 사용 시스템의 주파수는 FHSS방식으로 관리되며, 주파수 허용편차는 ±2 ppm 이하, 송신 공중선 절대이득은 6 dBi, 점유 주파수 대역폭은 200 kHz 이하이다. 태그 인식프로그램은 탑-다운방식의 유저 인터페이스 메뉴로 태그 인식결과와 태그 인식율, 실험조건 등 인식실험 결과를 분석 할 수 있도록 개발되었다.

RFID 영역에서 리더기의 출력전파 세기는 방사선 형태를 나타내고 있으며, 안테나로부터 거리가 멀어질수록 전파세기는 작아지는 것으로 나타났다. 안테나 3개에서 안테나 2개보다 전반적으로 출력전압의 세기가 크게 나타났다. 위치별 전파출력 세기와 태그의 응답율의 상관관계를 산출한 결과, 안테나 2개일 때 전파출력 세기와 태그 응답율의 상관관계수 r은 0.665(p=0.009)로 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 안테나 3개일 때 상관관계수 r은 0.711(p=0.004)로 전파출력의 세기와 태그 응답율은 정적인 상관성이 매우 유의한 것으로 나타났다. 태그 응답율은 인식할 태그가 위치한 곳의 RFID 시스템의 리더기의 출력 전파가 클수록 높아진다는 것을 알 수 있으며, 농식품 물류현장에서 RFID 시스템 적용시 현장의 외부환경에 따른 리더기의 전파출력 분석을 통한 시스템 설치가 필요한 것으로 판단된다.

태그 인식능력 분석결과에서 태그가 정방향으로 위치한 경우, 거리가 0, 1, 2, 4, 5 m에서는 안테나 4개일 때 가장 인식율이 좋은 것으로 나타났으며, 거리 3, 6 m에서는 안테나 3,

4개일 때 집단간 유의적인 차이 없이 인식율이 좋은 것으로 나타났다. 거리에 따른 인식율은 태그가 안테나의 위치로부터 멀어지면 저하되는 것으로 나타났다. 태그가 측방향에 위치한 경우, 안테나와 근접한 거리에서는 중심위치에서 인식율이 높게 나타났으나 안테나로부터 멀어질수록 오른쪽, 왼쪽, 중심 위치의 인식율 차이는 줄어드는 것으로 나타났다. 안테나 개수와 거리가 각각 일정할 경우 좌측, 중심, 우측의 위치에 따른 태그 인식율은 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

참고문헌

1. Finkenzeller, K. 2003. RFID Handbook Second Edition. Fundamentals and Application in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley and Sons, Inc., New York.
2. Haraldsvik, R. 2007. RFID: From Pilots to Commercial Deployment (Case Studies). RFID/USN 2007 International Conference Proceeding p.145-158.
3. Myerson, J. M. 2007. RFID in the Supply Chain. Auerbach Publications, New York.
4. Nakajima, Y. 2007. Hibiki project and the next RFID generation. RFID/USN 2007 International Conference Proceeding p. 145-158, 127-144.
5. 박승창. 2006. RFID 서비스 기술의 최근 국내의 연구개발 동향과 전망. 한국통신학회지 23(12):70-79.
6. 윤태승. 2006. 국내외 무선인식(RFID) 관련 특허 조사 연구. 산업자원부 한국유통물류진흥원.