

## 고추의 생산이력 및 물류관리를 위한 UHF 대역 게이트형 RFID 시스템의 인식능력 분석

김중훈<sup>†</sup> · 권기현 · 정진웅  
한국식품연구원

### Analysis of the Reading Performance of a Gate-Type RFID System Using the UHF Band to Detect Cartons of Red Pepper

Jong-Hoon Kim<sup>†</sup>, Ki-Hyun Kwen and Jin-Woong Jeong  
Korea Food Research Institute, Sungnam 463-746, Korea

#### Abstract

The study was conducted to analyze the tag reading and box recognition performance of a gate-type RFID system using the UHF band to detect containers of red pepper. The reading rate of tags attached to container boxes was higher as tags were closer to antennas and the number of antennas was increased. Under optimal conditions, the reading rate was 100% and the range of distance from a carton to an antenna was 1 - 4 meters. When tags were attached to two sides of a box, the reading rate was lower when the tags were attached at the front and side. This was caused by data collision problems between tags. The reading rate of tags was 71.1 - 77.8% and the reading rate of red pepper boxes was 97.8 - 100.0% when the distance between the pallet under the boxes and four units of antennas was 5 meters or less, and when tags were attached at the front and side of boxes.

**Key words** : RFID, Logistics, Traceability, Red pepper

#### 서 론

RFID (Radio Frequency Identification)는 무선 주파수를 이용하여 태그에 저장된 정보를 인식하는 기술로서 물류, 유통, 군사, 생산, 식품, 안전 등 다양한 영역에 적용되어 향후 인간의 생활방식과 기존 산업구조를 혁신적으로 변화시키는 기술로 인식되고 있다. RFID는 실시간 정보처리 및 정보의 위조, 변조를 방지할 수 있는 기술로서 농식품의 생산이력 및 원산지를 속이는 편법적인 유통을 원천적으로 차단하여 소비자에게는 신뢰를 높이고, 생산자는 소득증대에 기여할 수 있다. 또한 농식품의 이력추적 및 물류관리를 위해서는 생산농가에서 출하에 이르기까지 전공정에 일괄 적용이 가능한 시스템의 적용이 필요하다(1,2,3). RFID는 인식속도가 매우 빠르고 무선통신을 통해 비접촉식으로 여러 개의 무선 IC 태그 정보를 자동으로 인식하여 시간당

많은 개체정보를 처리하므로 홍수출하가 빈번하게 발생하는 농식품의 물류관리에 보다 효과적이며, EPCIS (EPC Information Service)를 통해 전체 공급망에 연결된 거래자들의 정보교류 서비스가 가능하다. 또한 태그 칩에 내장된 메모리는 바코드에 비해 6,000배 이상의 데이터 저장능력이 있어 제품 및 생산이력 정보에 대하여 기존의 바코드 시스템보다 효율적인 관리가 가능하다(4,5). RFID 시스템은 안테나, 리더, 태그의 세가지 요소로 구성되며, 태그의 부착위치, 주파수 대역, 안테나의 조향과 특성 등의 조합에 따라서 현격한 인식율의 차이를 나타낸다(6,7). 농식품의 경우 생산조직, 지역 등에 따라 다양한 방식의 생산, 물류, 유통 구조를 가지고 있고, 수분의 함유량 등 유통과정 중 성분 변화가 일어나므로 정형화된 RFID 시스템 도입이 쉽지 않다. 그러므로 농식품에 RFID 적용시에는 대상 농식품의 물성 및 유통환경에 적합한 RFID 기술의 최적조합을 찾아내는 것이 반드시 필요하다.

고추중합처리장(Red Pepper Processing Complex, RPPC)

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : [jhkim@kfri.re.kr](mailto:jhkim@kfri.re.kr),  
Phone : 82-31-780-9227, Fax : 82-31-780-9144

은 재배농가에서 생고추로 대량 구매하여 위생적인 건조과정을 통하여 건조고추 원료를 생산하고 고품질의 규격화된 고춧가루를 생산함으로써 현행 불합리한 고추 유통구조를 개선, 고춧가루제품의 품질향상, 국내 고추산업의 국제 경쟁력을 제고, 생산농가의 소득기반을 구축하기 위하여 정부에서 추진하고 있는 사업이다. 고추종합처리장에서 생산되는 고추제품은 이력추적관리 및 품질 확보를 위하여 품종, 생산자, 수확일자로 구분하여 생산품을 관리하고 있으나 물류관리 시스템이 구축되어 있지 않아 대부분 수작업으로 분류, 기록 작업을 수행하여 생산효율이 떨어지고 있다. 고추종합처리장은 생산농가로부터 다양한 품종의 고추를 공급받아 건조고추 및 고춧가루를 생산하여 중간 또는 최종 소비자에게 공급하는 물류기능과 유통기능의 물류센터의 역할을 수행하므로, 산지유통센터에 적합한 입출 관리, 창고의 재고 관리를 위한 물류관리 시스템이 요구되고 있다.

본 연구는 RFID을 적용한 고추종합처리장의 물류관리 시스템 개발의 일환으로 고추를 대상으로 UHF 대역 게이트형 RFID 시스템의 안테나 개수, 태그 부착위치, 박스 개수, 인식 거리와 시간에 따른 인식성능을 분석하여 고추 종합처리장의 입고, 저장 및 출하 공정의 물류관리 시스템 개발에 RFID 적용 모델을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 게이트형 RFID 시스템

시스템은 리더기, 안테나, 태그, 컨트롤러로 구성하였으며, 파렛트 단위로 이송, 관리되는 농산품의 물류유통에 적용하기 위하여 게이트형 구조물을 높이 3.8 m, 폭 3.2 m로 설치하였다(8). 고추 물류관리 시스템에 적용할 리더기의 주파수는 국내는 물론 세계적으로 물류, 유통 및 SCM 분야에 표준으로 적용되고 있는 ISO/IEC 18000-6에서 정의한 UHF 대역의 860-960 MHz 주파수 air interface를 기준으로 국내 허용 주파수인 908.5-914 MHz를 사용하였다. 리더기(IF4, Intermec, U.S.A.)는 EPC Class1 Gen2 & ISO 18000

프로토콜을 사용하였으며, 안테나(IA31B, Intermec, U.S.A.)는 6 dBi Gain의 Circular Polarized Antenna를 사용하였다. 시스템의 주파수는 FHSS (frequency hopping spread spectrum)방식으로 관리되며, 주파수 허용편차는  $\pm 2$  ppm이하, 송신 공중선 절대이득은 6 dBi, 점유 주파수 대역폭은 200 kHz이하이다.

### 인식능력 실험

인식능력은 고추의 물류에 사용되는 컨테이너 박스(FN533, KCP)를 물류유통 표준 파렛트(NF11, KPP)에 적재하여 이동시 컨테이너 박스에 부착된 태그정보가 시스템에서 인식되는지를 분석하였다. 인식능력 실험은 게이트형 RFID 시스템으로부터 폭 3 m, 길이 6 m의 test zone을 설정하여 시스템의 안테나 개수, 태그 부착위치, 박스 개수, 인식 거리와 시간에 따른 인식성능을 분석하였다(Fig. 2). 일반적으로 RFID 시스템의 경우 한 대의 리더기에 최대 4개의 안테나를 연결할 수 있다. 본 실험에서는 안테나를 Fig. 2와 같이 5개를 설치하였으며, 안테나 1개의 경우는 A, 2개의 경우는 B, C, 3개의 경우에는 A, B, C, 4개의 경우에는 B, C, D, E의 안테나를 리더기에 연결하여 사용하였다. 실험시 RFID test zone의 평균온도는 18.2 °C, 상대습도 25.2%이었으며, 실험에 사용된 고추는 영양군에서 수확된 것으로 수분 76.5%, 당도 23 °brix이었다.

### 태그 및 박스 인식율

태그 인식율은 각 컨테이너 박스에 부착된 태그 중 시스템에서 태그정보를 인식한 태그 수를 총 태그 수로 나누어 백분율로 나타내었다. 박스 인식율은 파렛트에 적재된 컨테이너 박스 중 시스템에서 컨테이너 박스정보를 인식한 수를 총 컨테이너 박스 수로 나누어 백분율로 나타내었으며, 이때 입력정보가 저장되어 박스에 부착된 태그 중 1개 이상이 시스템과 통신되어 박스정보를 시스템이 인식하면 박스정보가 인식된 것으로 하였다. 인식율 분석은 Microsoft.net Framework 2.0, Visual studio .net을 이용하여 개발한 인식능력 분석 프로그램을 사용하였다.

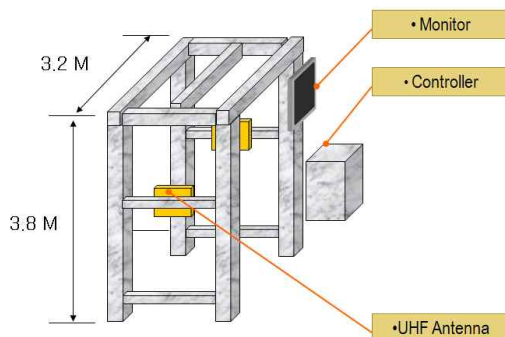


Fig. 1. View of gate type RFID system.



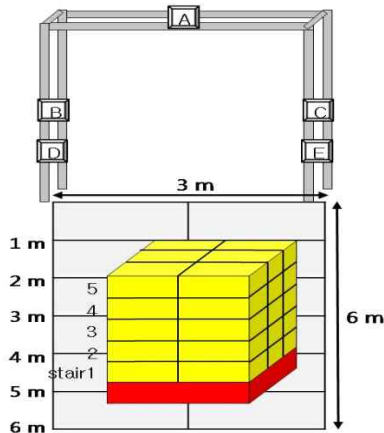


Fig. 2. View of reading performance tags and boxes.

**통계분석**

안테나 수와 위치에 따른 실험 결과들의 유의성을 검증하기 위하여 T-test와 분산분석(ANOVA)을 행하 후  $p < 0.05$  수준에서 처리구별로 유의적인 차이를 분석하였으며, 각 집단끼리의 평균치 차이는 다중비교방법(multiple comparison)인 Ducan 방법을 사용하였다. 모든 통계분석은 Statistic Analysis System (SAS v6.11, USA)을 이용하여 처리하였다.

**결과 및 고찰**

**안테나 개수와 태그 부착위치에 따른 인식성능**

게이트형 RFID 시스템의 안테나 개수에 따른 인식성능을 평가하기 위하여 안테나가 1, 2, 3, 4 개의 경우에 30개의 고추 컨테이너 박스가 적재된 파렛트가 게이트형 RFID 시스템을 통과시 태그와 박스의 인식율을 분석하였다. 이때 태그는 각각의 컨테이너 박스에 2개를 부착하였으며, 앞면과 옆면, 양쪽 옆면에 부착하여 부착위치에 따른 인식율을 분석하였다.

태그를 고추 컨테이너 박스의 앞면과 옆면에 부착한 경우에 태그 및 박스의 인식율을 분석한 결과는 Table 1과

같다. 안테나 개수에 따른 인식율은 태그를 박스의 앞과 옆면에 부착했을 때 안테나 1개, 2개, 3개, 4개에서 태그 인식율이 각각 30.0, 68.9, 71.7, 72.8%, 박스 인식율이 각각 44.5, 95.6, 95.6, 97.8%로 나타났다. 안테나 수에 따른 인식율을 다중비교방법인 Ducan 방법 결과, 안테나 2개 이상일 경우에는 태그 및 박스 인식율의 유의적인( $p < 0.05$ ) 차이는 나타나지 않았으며, 안테나 4개일 때 태그 및 박스 인식율이 각각 72.78%, 97.78%로 인식율이 가장 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 게이트형 RFID 시스템에서 동일한 위치에서 안테나 수가 많을수록 리더기의 전파출력과 태그 응답율이 높아진다는 기존 연구 결과(8)와 일치한다.

태그를 컨테이너 박스의 양옆면에 부착한 경우에 태그 및 박스의 인식율을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 안테나 1개, 2개, 3개, 4개일 때 태그 인식율은 15.0~53.9%, 박스 인식율은 23.3~96.7%로 나타났다. 안테나 수에 따른 인식율을 다중비교방법인 Ducan 방법을 이용한 분석 결과, 태그 인식율의 경우에는 안테나 4개인 경우 인식율이 가장 높으며 안테나 1, 2, 3개일 때와 통계적으로 유의적인( $p < 0.05$ ) 차이가 나타났다. 박스 인식율에서는 안테나 2개, 3개, 4개의 경우 안테나 수에 따른 유의적인( $p < 0.05$ ) 차이는 나타나지 않았다.

Table 1. Tags reading and boxes recognition rate according to the number of antennas

(tagging: the front and side of boxes)		
Number of Antenna	Tag reading rate (%)	Box recognition rate (%)
1	30.00±1.67 <sup>b1)</sup>	44.45±3.85 <sup>b</sup>
2	68.89±1.92 <sup>a</sup>	95.56±1.93 <sup>a</sup>
3	71.67±1.67 <sup>a</sup>	95.56±1.93 <sup>a</sup>
4	72.78±3.47 <sup>a</sup>	97.78±1.92 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Average±S.D. (N=5). Mean with different superscript in each column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

Table 2. Tags reading and boxes recognition rate according to the number of antennas

(tagging: the both sides of boxes)		
Number of Antenna	Tag reading rate (%)	Box recognition rate (%)
1	14.99±2.89 <sup>c1)</sup>	23.33±5.77 <sup>b</sup>
2	46.66±1.67 <sup>b</sup>	92.22±1.92 <sup>a</sup>
3	46.67±0.00 <sup>b</sup>	93.33±0.00 <sup>a</sup>
4	53.89±0.96 <sup>a</sup>	96.67±0.00 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Average±S.D. (N=5). Mean with different superscript in each column are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

박스 앞, 옆면과 양옆면의 태그 부착위치에 따른 인식율의 차이 분석을 위한 T-test 결과에서 태그 인식율은 태그를 앞, 옆면에 부착한 경우가 양옆면에 부착한 경우보다 유의적( $p < 0.05$ )으로 인식능력이 좋은 것으로 분석되었다. 이와 같은 결과는 태그를 컨테이너 박스의 양옆에 부착한 경우, 파렛트 적재시 옆에 위치한 박스의 태그가 서로 인접한 위치에 놓이므로, RFID 시스템에서 다수의 태그가 인접한 경우 UHF 대역 전파의 충돌(collision)이 발생(7,9)한 결과로 판단된다. 인식능력 분석 결과에서, 고추를 적재한 컨테이너 박스의 경우 게이트형 RFID 시스템의 안테나 수가 4개, 태그를 컨테이너 박스의 앞, 옆면에 부착한 경우에 인식능력이 가장 좋은 것으로 나타났으며, 이때 태그와 박스 인식율은 각각 72.8, 97.8%로 나타났다.

**박스 적재량과 인식거리에 따른 인식성능**

물류유통 표준 파렛트(NF11)에 컨테이너 박스(FN533) 적재시 한단에 6개의 박스가 적재되어 1, 2, 3, 4, 5단 적재시 박스는 6, 12, 18, 24, 30개가 파렛트에 적재된다. 고추가 적재된 컨테이너 박스가 게이트형 RFID 시스템을 통과할 때 컨테이너 박스의 개수(6, 12, 18, 24, 30개)와 게이트로부터

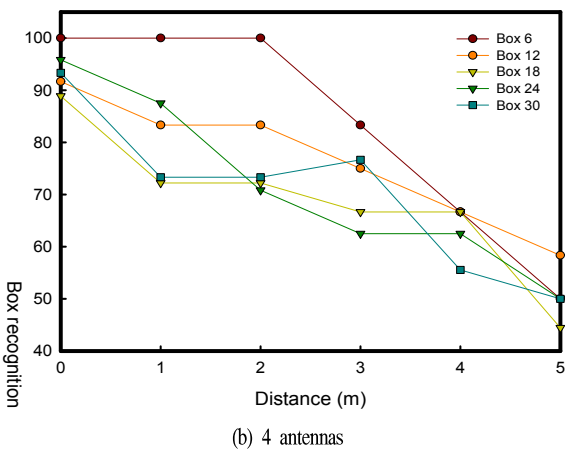
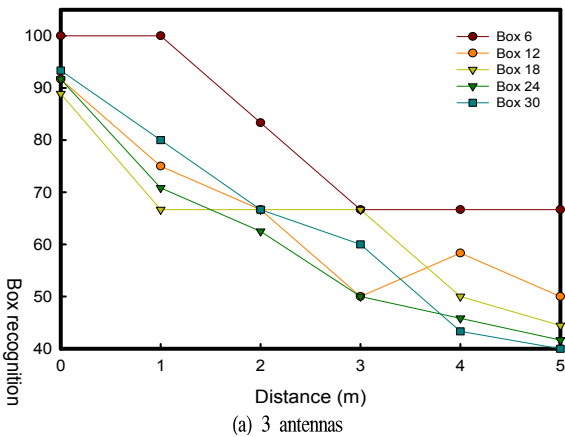


Fig. 4. Box reading rate according to the number of boxes.

터의 거리(0, 1, 2, 3, 4, 5 m)에서 박스 인식율을 분석하였다. 박스 개수에 따른 박스 인식율은 RFID 게이트로부터 4 m 위치에서 안테나가 3개의 경우 박스 적재량이 6, 12, 18, 24, 30개일 때 박스 인식율은 각각 66.7, 58.3, 50.0, 45.8, 43.3%로 박스 적재량이 많을수록 인식율은 저하되는 것으로 나타났다(Fig. 4). 이와 같은 결과는 안테나 1, 2, 4개일 경우에도 동일하게 나타났다.

안테나로부터 0, 1, 2, 3, 4, 5 m 거리에서 고추 컨테이너 박스 30개, 안테나 3개의 경우 박스 인식율은 각각 93.3, 80.0, 66.7, 60.0, 43.3, 40.0%, 안테나 4개의 경우 박스 인식율은 각각 93.3, 83.3, 73.3, 66.7, 63.3, 46.7%로 나타났다(Fig. 5). 이는 UHF대역의 RFID 시스템에서 안테나로부터 거리가 멀어질수록 RF 전파의 크기가 감소되어 나타나는 것으로 빈 컨테이너 박스의 실험에서도 동일한 결과가 나타났다.

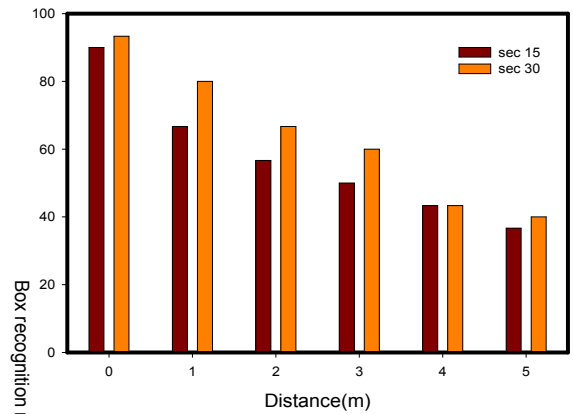


Fig. 5. Box reading rate according to measuring time.

**게이트 통과시간에 따른 인식성능**

30개의 고추 컨테이너 박스를 파렛트에 적재하고 게이트형 RFID 시스템의 전파영역인 게이트로부터 0~5 m를 15 초, 30초로 통과할 때 위치별로 박스 인식율을 분석하였다. 안테나 3개인 경우 측정시간에 따른 박스 인식율 결과, 안테나로부터 0, 1, 2, 3, 4, 5 m 거리에서 박스 인식율은 게이트 통과시간이 15초의 경우 각각 90.0, 66.7, 56.7, 50.0, 43.3, 36.7%, 게이트 통과시간이 30초의 경우 각각 93.3, 80.0, 66.7, 60.0, 43.3, 40.0%로 나타나 통과시간이 길어지면 인식율이 높아지는 경향이 나타났다(Fig. 5). 이와 같은 결과에서 UHF 대역의 게이트형 RFID 시스템을 RPPC 현장 적용시 파렛트를 이송하는 지게차의 속도는 게이트를 통과시 인식율 향상을 위하여 0.6 km/h 이하의 속도로 운전하는 것이 효과적일 것으로 판단되었다.

**UHF 대역 게이트형 RFID 시스템 적용 고추의 인식성능**

고추 컨테이너 박스를 적재한 파렛트를 0.5 km/h 속도로 UHF 대역의 게이트형 RFID 시스템을 통과할 때 박스와

태그 인식율을 분석하였으며, 이때 RFID 시스템의 안테나 4개, 태그는 고추 컨테이너 박스 앞면과 옆면 부착하였다. Table 3은 RFID 게이트로부터 전방 5 m에서 파렛트가 시스템을 통과할 때까지 고추 컨테이너 박스 수에 따른 태그 및 박스 인식율을 나타낸 것으로 태그 인식율은 71.1~77.8%, 박스 인식율은 97.8~100.0%로 나타났다.

**Table 3. Tags and boxes reading rate with 4 antennas and tagging at the front and side of boxes**

Number of Box	Tag reading rate (%)	Box recognition rate (%)
6	77.8±1.0 <sup>1)</sup>	100.0±0.0
12	75.0±1.7	100.0±0.0
18	71.1±1.0	98.1±3.2
24	71.7±1.7	98.6±2.4
30	72.8±3.5	97.8±1.9

<sup>1)</sup>Average±S.D. (N=5)

## 요 약

본 연구는 고추종합처리장의 입고, 저장 및 출하 공정의 물류관리 시스템에 RFID의 적용성 검토를 위하여 고추를 대상으로 UHF 대역 게이트형 RFID 시스템의 태그 및 박스 인식능력을 분석하였다. 빈 컨테이너 박스의 태그 인식율은 안테나 개수가 많고 태그가 안테나 위치와 근접한 경우 일수록 높게 나타났고 이때 박스 인식율은 안테나로부터 1~4 m 거리에서 100 %였다. 또한 박스 양쪽 옆면에 태그를 부착한 경우가 박스 앞면과 옆면에 부착한 경우보다 인식율이 낮게 나타났으며, 이는 박스 적재시 태그정보가 인접한 위치에 놓인 태그와 데이터 충돌이 발생하여 일어나는 것으로 판단되었다. UHF 대역의 게이트형 RFID 시스템에서 안테나 4개, 고추 컨테이너 박스 앞면과 옆면에 태그를 부착하였을 때 박스와 태그 인식율이 가장 좋은 결과가 나타났으며, 이때 시스템 안테나로부터 전방 5 m에서 파렛트가 시스템 게이트를 통과할 때까지 고추 상자 수에 따른 태그 인식율은 71.1~77.8%, 박스 인식율은 97.8~100.0%로 나타났다. 고추 산지유통센터에서 이력추적관리 및 원물의 정확한 정산을 위해서는 입고 공정에서 생산자의 정보가 입력되어있는 모든 박스의 정보인식이 필수적이다. 따라서 본 실험에서 사용한 UHF 대역의 게이트형 RFID 시스템을

고추 산지유통센터의 입고관리 시스템으로 사용하기 위해서는 파렛트에 12개 이하의 컨테이너 박스를 적재하여 이송하여야 하나 작업속도를 감안할 때 현장에 적용하기 어려움이 있으며, 이동형 리더기를 보완적으로 사용하여 파렛트에 적재된 컨테이너 박스 정보를 처리하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. Lee, M.H. and Yoe, H. (2007) Design of argo-livestock products traceability system using EPC network, J. Korean Institute of Maritime Information and Communication Sci., 11, 216-221
2. 김범두. (2005) RFID를 이용한 Traceability 구축사례. 물류혁신 컨퍼런스, 13, 269-286
3. Kim, J.H., Kwen, K.H, Yoon, D.H. and Choi, C.H. (2008) Development of conveyor type RFID system using UHF band for agricultural products logistics. Proc. of the KSAM 2008 summer conference, 13, 481-487
4. Kim, H.J. (2004) A study on the application strategies of RFID on the logistics & distribution. Korea Research Academy of Distribution Information, 7, 39-65
5. Wang, N., Zhang, N. and Wang, M. (2005) Wireless sensors in agriculture and food Industry - recent development and future perspective. Computer and Electronics in Agriculture, 50, 1-14
6. Finkenzeller K. (2003) RFID handbook second edition. Fundamentals and Application in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley and Sons, Inc., New York, U.S.A.
7. 김정곤, 이제경. (2006) UHF 대역 RFID 시스템의 충돌방지 기술 동향. 한국통신학회지 정보통신, 23, 93-106
8. Kim, J.H., Jeong, J.W., Kwen, K.H., Yoon, D.H. and Kang, J.S. (2008) Development of gate type RFID system using UHF band for food and agricultural products logistics. J. of Biosystems Eng., 33, 204-209
9. 박경철, 윤태섭. (2004) UHF 대역 RFID를 위한 안테나 및 리더기술. 한국통신학회지 정보통신, 21, 143-152

(접수 2009년 10월 26일, 채택 2010년 2월 5일)