

최 종
연구보고서

GA0699-08014

고추의 유통환경 및 물류효율 향상을 위한
RFID적용 RPPC의 물류관리시스템 개발
연구

Development of Advanced Logistics System
for Red Pepper Processing Center Using
RFID Technology

연 구 기 관

한국식품연구원

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고추의 유통환경 및 물류효율 향상을 위한 RFID적용 RPPC의 물류관리시스템 개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008 년 4 월 24 일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

총괄연구책임자 : 김 종 훈

세부연구책임자 : 차 환 수

세부연구책임자 : 정 진 응

세부연구책임자 : 김 병 삼

연 구 원 : 권 기 현

연 구 원 : 이 호 준

연 구 원 : 박 기 재

연 구 원 : 윤 두 현

참 여 기 업 명 : 한국파렛트풀(주)

참 여 기 업 명 : 유로지스넷(주)

요 약 문

I. 제 목

고추의 유통환경 및 물류효율 향상을 위한 RFID적용 RPPC의 물류관리시스템 개발 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

고추종합처리장(Red Pepper Processing Complex, RPPC)은 재배농가에서 생고추로 대량 구매하여 위생적인 건조과정을 통하여 건조고추 원료를 생산하고 고품질의 규격화된 고춧가루를 생산함으로써 현행 불합리한 고추 유통구조를 개선하고 고추가공제품의 품질향상 및 국내 고추산업의 국제 경쟁력을 제고하여 생산농가의 소득기반을 구축하기 위하여 2004년부터 정부에서 추진하고 있는 사업이다. 현재 고추종합처리장에서 생산되는 고추제품은 이력추적관리 및 품질 확보를 위하여 품종, 생산자, 수확일자로 구분하여 생산품을 관리하고 있으나 물류관리 시스템이 구축되어 있지 않아 작업공정에서 수작업으로 분류, 기록 작업을 수행하여 생산효율이 떨어지고 있으며, 생산제품의 입출하 관리 시스템의 부재로 인하여 생산제품을 보관하는 저온창고는 단순 창고기능만 수행하고 있는 실정이다. 고추종합처리장은 산지에서 원료 고추를 집하하여 세척, 절단, 건조, 분쇄, 포장 등의 작업을 거쳐 출하하는 것을 목적으로 하고 있으며, 제품의 규격화 고품질화를 추진하기 위하여 고품질의 원료를 선별하여 입고하는 물류시스템의 개발과 적용이 필수적이다.

RFID(Radio Frequency Identification)는 마이크로칩을 내장한 태그에 저장된 정보를 무선 주파수를 이용하여 리더기에서 자동 인식하는 기술로써 실시간으로 정

보처리가 가능하다. RFID는 위조, 변조가 불가능하므로 농산품의 원산지를 속이거나 하는 편법적인 유통이 원천적으로 차단되어 소비자의 신뢰를 높이고, 고품질의 농산품을 적정한 가격에 판매하여 생산자의 소득증대에 기여할 수 있다. 또한 농산품의 이력추적관리를 위해서는 생산농가에서 출하에 이르기까지 일괄적용이 가능한 시스템의 적용이 필요하다. RFID 기술은 그 과정을 보다 효과적이고 간편하게 적용이 가능하게 하며, 재활용이 가능하므로 기존의 바코드 시스템보다 효율적인 관리가 가능하다. RFID 시스템은 안테나, 리더, 태그의 세가지 요소로 구성되며, 태그의 부착위치, 주파수 대역, 안테나의 조향과 특성 등의 조합에 따라서 현격한 인식율의 차이를 나타낸다. 농산품의 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. 따라서 주어진 환경에 적용되는 RFID 기술의 최적조합을 찾아내는 연구는 반드시 필요하다.

본 연구에서는 고추의 이력추적관리 및 고추종합처리장 물류관리 시스템 적용을 위하여 무선인식 기술인 RFID의 활용기술을 개발하고, RFID를 이용한 고추종합처리장의 적정 물류관리 시스템 설계를 하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 고추의 물류특성 분석 및 물류공정 설계, RFID 시작기 개발 및 시스템 설계, 고추에 적용 가능한 RFID 활용기술 개발(태그 주파수, 태그 부착위치, 컨테이너 적재패턴, 안테나에 따른 인식 능력 분석, 리더기의 전파출력 특성), RPPC 물류관리를 위한 정보관리 기술 개발을 연구내용으로 하고 있다.

1. 고추 물류특성 분석 및 물류공정 설계

고추는 수확기에 많은 양의 고추가 홍수 출하가 이루어지며, 경작지의 위치가 산비탈에 주로 위치하고 있어 대형차량의 접근이 불가능하다. 또한 고추의 부피에 비하여 중량이 가벼운 부피짐의 특징을 보이고 있다. 이와 같은 고추의 물류특성

을 분석하고 제한된 물류환경을 갖추고 있는 고추종합처리장에서 홍수출하 및 대량의 고추 원료 처리를 위한 물류공정을 설계한다. 연구내용으로는 고추종합처리장의 물동량 및 물류공정 분석, 고추종합처리장의 물류공정 설계이며, 고추종합처리장의 기간/일자별 물동량, 이동 물동량 분석을 포함한다.

2. RFID 시작기 개발 및 시스템 설계

RFID 시스템은 안테나, 리더, 태그의 세가지 요소로 구성되며, 본 연구에서는 이들 하드웨어의 특성을 분석하여 고추에 적합한 최적의 조합으로 RFID 시작기를 개발하고 성능실험을 통하여 RPPC에 물류 시스템에 적용할 RFID 시스템을 설계한다. 연구내용으로 안테나 및 리더기 선정, RFID 안테나 및 리더기의 위치 및 형태 설계, 이송장치 설계를 통하여 게이트형 RFID 시스템과 컨베이어형 RFID 시스템을 개발하고 시작기의 성능실험을 수행한다.

3. RPPC 적용을 위한 RFID 활용기술 개발

고추의 물류 환경에 적용되는 RFID 기술의 최적조합을 찾아내는 실험을 통하여 고추의 물류에 적용 가능한 원천기술을 확립하고자 한다. 연구내용으로는 RFID 주파수 조사 및 주파수 선정, RPPC 적용 RFID 태그 선정, 태그 인식능력 프로그램 개발, 태그 인식능력 분석, 컨테이너 박스의 태그 및 박스 인식능력, 게이트형 RFID 시스템의 고추 실증 실험, 컨베이어형 RFID 시스템의 고추 실증실험으로서, 실증실험에는 태그 부착위치에 따른 인식 능력, 이송속도와 리더기 위치에 따른 인식 능력 분석, 적재방법에 따른 인식 능력 분석을 수행한다.

4. 물류관리를 위한 정보관리 기술 개발

고추의 집하에 관련된 일련의 과정을 처리하기 위해서 고추종합처리장 내부의 물류를 처리하고 효율적인 품질 및 재고관리를 할 수 있는 물류관리시스템을 개발하고자 한다. 연구내용으로는 RPPC 물류관리 정보 프로그램 개발, RFUD 적용 고추종합처리장의 물류관리시스템 및 고추종합처리장의 공정별 RFID 적용 물류정보 관리 모델 설계를 수행한다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 고추종합처리장의 물동량 및 물류공정 분석 결과, 고추종합처리장의 고추 입고는 8월 하순에서 9월 중순의 약 25일 간은 전체 수확량의 60%에 이르는 고추가 집중적으로 입고가 이루어진다. 최대 생산능력인 연간 건조능력 12,000톤을 기준으로 고추의 물량과 소요되는 컨테이너 박스의 수량을 분석한 결과, 연간 80만개의 컨테이너 박스에 담긴 고추를 처리하기 위한 물류시스템이 필요할 것으로 분석되었다. 고추종합처리장의 물류공정은 고추종합처리장의 작업 공정과 물동량 데이터를 기준으로 고추종합처리장의 물류 업무 공정을 설계하였으며, 물류관리는 집하/하차, 계근/정보인식, 분류/저장, 건조기 투입의 네 단계로 계획하였다.

2. 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. 리더기는 EPC Class1 Gen2 & ISO 18000 프로토콜을 사용하였으며, 주파수는 UHF대역의 860 MHz부터 960 MHz까지 사용이 가능하다. 안테나는 6 dBi Gain의 Circular Polarized Antenna, 시스템의 주파수는 FHSS(frequency hopping spread spectrum)방식으로 관리되며, 주파수 허용편차는 ± 2 ppm이하, 송신 공중선 절대이득은 6 dBi, 점유 주파수 대역폭은 200 kHz이하, Anti-collision 알고리즘은 masking에 의한 방법과 aloha 방법을 사용하고 있다.

3. 게이트형 RFID 시스템의 출력전파 세기는 방사선 형태를 나타내고 있으며 안테나로부터 거리가 멀어질수록 전파세기는 작아지는 것으로 나타났다. RFID zone에서 위치별 전파출력 세기와 태그의 응답율의 상관관계를 산출한 결과, 안테나 2개일 때 전파출력 세기와 태그 응답율의 상관관계수 r 은 0.665($p=0.009$)로 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 안테나 3개일 때 상관관계수 r 은 0.711($p=0.004$)로 전파출력의 세기와 태그 응답율은 정적인 상관성이 높은 것으로 나타났다.

4. 컨베이어형 RFID 시스템은 고추 품질 및 이력관리가 가능하도록 고추의 입고

공정에서 컨테이너 박스 단위로 정확한 중량 데이터와 생산자, 품종, 재배이력의 정보를 동시에 처리하도록 설계하였으며, 투입 컨베이어, 중량 측정 컨베이어, 배출 컨베이어와 RFID 시스템으로 구성되어 있다. 연속으로 투입되는 박스의 위치 제어를 위하여 투입 컨베이어와 중량 측정 컨베이어에는 위치센서가 3개 장착되어 있으며, 투입, 중량 측정, 배출 컨베이어는 속도를 각각 제어하도록 되어있다. 중량 측정 컨베이어 하단에는 중량을 측정하기 위한 로드셀이 장착되어 있으며 Digital Weighing Controller 통하여 RFID 시스템과 데이터를 통신하게 설계하였다. RFID 시스템은 게이트형 RFID 시스템과 동일하게 리더기는 EPC Class1 Gen2 & ISO 18000 프로토콜을 사용하였다.

5. 컨베이어형 RFID 시스템의 안테나가 1개, 2개, 3개, 4개일 때 시스템의 전파출력을 14-30 dBm 범위에서 1 dBm씩 증가시키면서 태그 인식거리 분석결과, 배출구 방향에 있는 태그보다 투입구 방향에 위치한 태그 인식율이 높은 것으로 나타났다. 안테나 1개인 경우 리더기 전파출력세기가 24 dBm이상이면 반경 2 m이 내의 태그를 100% 인식하였다.

6. RFID 시스템의 주파수는 국내는 물론 세계적으로 물류, 유통 및 SCM 분야에 표준으로 적용되고 있는 ISO/IEC 18000-6에서 정의한 UHF 대역을 선정하였다. ISO/IEC 18000-6과 관련된 국내 리더기의 사용 주파수는 908.5-914.0 MHz로써, RPPC 물류관리시스템에 적용할 리더기의 사용주파수를 908.5-914.0 MHz로 선정하였다. 또한 RPPC 물류관리 시스템 사용될 태그는 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.

7. 안테나와 태그가 마주보는 정방향일 때 안테나 개수별 거리에 따른 태그 인식율 분석 결과, 안테나 수가 많을수록 인식율은 높게 나타나는 경향이 나타났으며, 모든 거리에서 안테나가 4개일 때 인식율이 높은 것으로 나타났다. 정방향에서 거리별 안테나 개수에 따른 태그 인식율 측정 결과, 거리가 안테나로부터 1~2 m

떨어졌을 때 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. 측방향에서 위치별 안테나 1개에 따른 태그 인식율 결과, 안테나로부터 태그가 0, 1 m에서는 중간위치에서 태그 인식율이 높았으며, 거리 2, 5 m에서는 위치별로 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 거리 3, 4 m에서는 태그의 위치가 오른쪽, 왼쪽에서 인식율이 높은 것으로 나타났다.

8. 컨테이너 박스(FN533, KCP)를 물류유통 표준 파렛트(NF11, KPP)에 적재하여 이동시 컨테이너박스에 부착된 태그정보의 인식율을 분석결과, 안테나 3개일 때 빈 박스의 시간에 따른 태그 인식율은 각 위치에서 시간이 증가함에 따라 증가하였다. 이는 인식초기 collision이 발생하여 나타난 것으로 판단되며 인식시간이 증가하면서 Anti-collision 알고리즘이 작동되어 인식율이 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 안테나 1, 2, 3 개에서도 동일하게 나타났다. 안테나 3개일 때 태그를 박스 앞면과 옆면에 부착했을 때 안테나로부터 거리 0, 1, 2, 3, 4, 5 m에서 태그 인식율이 각각 95.0, 95.0, 95.0, 93.3, 91.7, 91.7%로 나타났으며, 박스 인식율은 1~4 m에서는 100%, 5 m에서는 96.7%로 나타났다. 태그 및 박스 인식율 모두 시스템의 안테나 위치와 근접할수록 인식율은 높게 나타났다.

9. 게이트형 RFID 시스템의 고추 실증실험은 안테나 개수와 태그 부착위치, 박스 적재량, 안테나로부터 거리와 측정시간에 따른 인식성능 등을 평가하였다. 안테나 개수에 따른 태그와 박스 인식율은 태그를 박스의 앞과 옆면에 부착했을 때 안테나 1개, 2개, 3개, 4개에서 태그 인식율은 각각 30.0, 68.9, 71.7, 72.8%, 박스 인식율은 각각 44.5, 95.6, 95.6, 97.8%로 나타났다. 다중비교방법인 Ducan 방법 결과, 안테나 2개 이상일 경우에는 태그 및 박스 인식율의 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 안테나 4개일 때 태그 및 박스 인식율이 각각 72.78%, 97.78%로 인식율이 가장 높게 나타났다. 태그 부착위치에 따른 인식능력 분석 결과, 안테나 4개일 때 태그와 박스 인식율은 태그를 박스 앞, 옆면에 부착한 경우 각각 72.8, 97.8%, 태그를 박스 양옆면에 부착한 경우 각각 53.9, 96.7%로 나타났다. 박스 앞, 옆면과

양옆면의 태그 부착위치에 따른 인식율의 T-test 결과 태그 인식율은 태그를 앞, 옆면에 부착한 경우가 양옆면에 부착한 경우보다 인식능력이 좋은 것으로 나타났으며, 박스 인식율은 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

10. 파렛트 위에 적재된 박스 수에 따른 거리별 박스 인식율은 안테나 3개의 경우, 안테나로부터 4 m에서 박스 적재량이 6, 12, 18, 24, 30개일 때 각각 66.7, 58.3, 50.0, 45.8, 43.3%로 박스 적재량이 많을수록 인식율은 저하되는 경향이 나타났으며, 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 경우에는 각각 93.3, 83.3, 73.3, 66.7, 63.3, 46.7%로 나타났다. 이는 안테나로부터 거리가 멀어질수록 박스 인식율은 저하되며, 안테나 4개일 때 안테나 3개의 경우보다 인식능력이 좋은 것으로 나타났다. 또한 안테나 3개일 때 안테나로부터 0, 1, 2, 3, 4, 5 m 거리에서 박스 인식율은 15초의 경우 각각 90.0, 66.7, 56.7, 50.0, 43.3, 36.7%, 30초의 경우 각각 93.3, 80.0, 66.7, 60.0, 43.3, 40.0%로 나타나 측정시간이 길어지면 인식율이 높아지는 경향이 나타났다.

11. 컨베이어형 RFID 시스템의 고추 실증실험은 안테나 개수와 투입방향, 안테나 각도에 따른 인식성능 등을 평가하였다. 박스투입이 횡방향의 경우 안테나 1개, 2개, 3개, 4개일 때 인식율은 65.0, 98.3, 96.7, 98.3%로 나타났으며, 안테나 2개 이상일 경우에는 태그 및 박스 인식율의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 컨테이너 박스를 종방향으로 투입한 경우에도 동일하게 나타났으며, RPPC에서 컨베이어형 RFID 시스템에 고추 컨테이너 박스의 중량과 태그 정보를 처리하기 위해서는 RFID 시스템에 안테나 2개를 사용하면 될 것으로 판단되었다. 컨테이너 박스의 투입방향에 따른 컨베이어형 RFID 시스템의 인식성능은 횡방향으로 컨테이너 박스를 투입시 종방향으로 투입시 보다 좋은 것으로 나타났다. 또한 안테나가 박스의 진행방향과 수직으로 위치한 경우가 인식성능이 가장 좋은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 컨베이어형 RFID 시스템의 경우 박스의 중량정보와 태그정보를 동시에 인식도록 설계되어 안테나 각도가 0°의 경우가 중량 컨베이

어 위의 박스 중량을 측정하는 위치에 RFID 전파존을 가장 크게 형성하기 때문인 것으로 판단되었다.

12. 본 연구에서는 태그 인식능력 분석 프로그램과 고추종합처리장의 입고관리 정보 프로그램을 개발하였으며, 고추종합처리장의 공정별 RFID 적용 물류정보 관리 계획을 수립하였다. 고추종합처리장의 물류정보 관리는 입고, 창고보관, 건조기 투입 및 배출 공정별로 정보 처리 및 관련 시스템 구축 모델을 제시하였으며, 고추종합처리장의 물류관리 시스템에 RFID 기술의 적용성을 검토한 결과, RFID 시스템은 UHF 대역의 908.5~914.0 MHz의 주파수와 EPC class1 Gen2 태그를 사용하는 것이 적정한 것으로 분석되었으며, 고추종합처리장에서 공정별로 컨베이어형 RFID 시스템과 게이트형 RFID 시스템을 복합적으로 적용하면 적정 물류관리 시스템 구축이 가능할 것으로 판단되었다.

13. 본 연구에서 제시한 물류관리 시스템은 고추종합처리장은 물론 해당 농산물의 특성을 고려하여 보완한다면 일반 농산물산지유통센터에 적용이 가능할 것으로 판단되며, RFID를 적용한 농산물 물류관리 시스템은 농산물 수매물량에 대한 자동 중량 측정, 품질관리, 정산 서비스 제공이 가능하고, 저온저장고내의 저장 농산물에 대한 기간별, 등급별, 생산자별로 적정 물량관리, 입하 및 출하의 대기시간 감축 및 인력절감으로 비용절감, 생산성 향상에 따른 경쟁력 제고를 기대할 수 있을 것이다. 본 연구의 결과는 주요 연구결과를 학술회의(4건) 및 학술지(4편)에 발표하고 핵심기술은 특허출원(1건)하여 해당 분야의 학문 및 기술 발전에 기여하고, 개발 기술의 산업체 기술이전 및 RPPC에 기술보급을 통하여 연구결과의 실질적인 현장 활용이 가능할 것으로 판단된다.

SUMMARY

I. Title

Development of Advanced Logistics System for Red Pepper Processing Center Using RFID Technology

II. Objective

This research objectives to develop RFID technology to be applied to the logistics process for RPPC and to design an appropriate logistics system for RPPC by using RFID

III. Results and recommendations

1. Warehousing of pepper into RPPC is intensively conducted between late August and mid-September for 60% of the whole goods warehoused. It has been learned that a logistics system is needed to treat 800,000 boxes of pepper a year sine the annual maximum drying capacity of RPPC is 12,000 tons. In this research, logistics processes in RPPC are designed and the management of logistics is planned over four steps: gathering of goods, weighing/recognizing information, classifying/storing, and putting goods into the dryer.

2. To construct a gate type RFID system, a structure 3.8 m high and 3.2 m

wide was designed and then a reader and an antenna were affixed to the structure applicable to the logistics of agricultural products, which were transferred and stored in the unit of pallet. EPC Class1 Gen2 & ISO 18000 protocol was used as a reader, whose frequency might be UHF bandwidth 860 MHz to 960 MHz. The antenna should be Circular Polarized Antenna of 6 dBi Gain, and the frequency of the system should be managed according to the FHSS (frequency hopping spread spectrum) method. The permissible deviation of the frequency is no more than ± 2 ppm and the permissible frequency bandwidth no more than 200 kHz. A masking method and an aloha method are applied to Anti-collision algorithm.

3. Radio waves coming out of the gate type RFID system are in the form of radial rays, and the waves get weaker in proportion to the distance between them and the antenna. In the RFID zone, calculations were made to determine the correlation between the strength of radio waves in each location and the tag responsibility. And the result shows that when there are two antennas, r or the correlation coefficient between the strength of radio waves and the tag responsibility is 0.665 ($p=0.009$), which is statistically significant. When there are three antennas, r is 0.711 ($p=0.004$), which means highly positive correlation.

4. A conveyer type RFID system was designed in such a way that the conveyer might measure the weight of each box and treat the information for the box at the same time. The conveyer is composed of inputting conveyer, weight measuring conveyer, discharging conveyer, and RFID system. Three location sensors are mounted on inputting conveyer and weight measuring conveyer, and the speed of the conveyers shall be controlled independently. At the lower end of weight measuring conveyer, there is affixed a load cell to measure the weight. Via Digital Weighing Controller, data is communicated

between weight measuring conveyer and RFID system. As in the gate type RFID system, the RFID system has a reader which uses EPC Class1 Gen2 & ISO 18000 protocol.

5. It is found that when the conveyer type RFID system has one, two, three or four antennas, the tag reading rate is higher in a tag placed near to the inlet than in a tag placed near to the outlet. If there is one antenna and the strength of radio waves coming from a reader is more than 24 dBm, the reader recognizes all the tags within a 2 m radius.

6. 908.5–914.0 MHz was selected as the frequency of a reader applied to the RPPC logistics system. And a UHF band class1 Gen2 tag was chosen for the RPPC logistics system. With more antennas, the tag reading rate gets higher. In any distance, the rate reaches the highest point when there are four antennas. When there is one antenna in the distance of 1 or 2 m, the reading rate is 49.6% or 48.7%, which is higher than and significantly different from the rate in the distance of 0, 3, 4, 5 or 6 m.

7. When there are three antennas, the tag reading rate of an empty box (FN533, KCP) increases over time in each location. This implies that a collision took place at the initial step of recognition and the reading rate increases due to anti-collision algorithm as the recognition time passes by. When there are three antennas and a tag is affixed to the front and sides of a box, the tag reading rate in the distance of 0, 1, 2, 3, 4 and 5 m from the antenna is 95.0, 95.0, 95.0, 93.3, 91.7 and 91.7%, respectively and the box recognition rate is 100% in the distance of 1~4 m and 96.7% in the distance of 5 m. The reading rate of both a tag and a box gets higher as they are put near to the antenna of the system.

8. In a positive experiment on pepper with the gate type RFID system,

evaluations were made to know the number of antennas, the location of tags affixed, the quantity of boxes loaded, the distance from the antenna, and the recognition performance over measuring time. When a tag was affixed on the front and sides of a box and there was one, two, three and four antennas, the tag reading rate was 30.0, 68.9, 71.7 and 72.8% respectively and the box recognition rate 44.5, 95.6, 95.6 and 97.8% respectively. With more than one antenna, there was no significant difference in the recognition rate and the box recognition rate. When there were four antennas, the tag recognition rate and the box recognition rate were the highest, marking 72.78% and 97.78% respectively. T-test was conducted to determine the reading rate when a tag was affixed to the front, a side or both sides of a box. The result shows that the tag reading rate was better when a tag was mounted on the front and a side of the box than when it was affixed on both sides, but there was no significant difference in the box recognition rate.

9. Next, the box recognition rate was determined in terms of the number of boxes loaded on a pallet and the distance from antennas. The more boxes were loaded, the less the reading rate was acquired. When 30 pepper container boxes were placed 0, 1, 2, 3, 4 and 5 m away from three antennas, the box recognition rate was 93.3, 80.0, 66.7, 60.0, 43.3 and 40.0% respectively and with four antennas, the rate 93.3, 83.3, 73.3, 66.7, 63.3 and 46.7% respectively. This implies that the box recognition rate gets lower as a box is placed farther from an antenna and that the recognition capacity is better when there are four antennas than when there are three. Also, the reading rate tends to be higher in proportion to the measuring time.

10. In a positive experiment of pepper by using the conveyer type RFID system, recognition performance and others were evaluated in terms of the number of antennas, the direction of their inputting, and the angle of the

antennas. The result shows that with one, two, three or four antennas the reading rate was 65.0, 98.3, 96.7 or 98.3% and that with more than one antenna there was no significant difference in the tag and box recognition rates. It is also learned that RPPC needs to use two antennas in a conveyer type RFID system, which treats the information on the weight and tag of pepper container boxes. The best recognition performance was achieved when an antenna was put at right angles to the moving direction of a box. It is because the conveyer type RFID system is designed in such a way as to recognize the formation on the weight and tag of a box at the same time. And when the angle of an antenna was 0° , the largest RFID radio wave zone was formed so that the weight of a box on the weight conveyer might be measured best.

11. This research develops a program to analyze the tag recognition capacity and get the information on the management of goods warehoused into RPPC, and sets up a logistics information management plan to apply RFID to each process in RPPC. For the management of logistics information in RPPC, the present author suggests models to treat the information on each of the processes of warehousing, storing at a warehouse, putting into a dryer, and discharging and to construct related systems. Moreover, a review was conducted to know the applicability of RFID technology to the logistics system in RPPC. The findings are that the RFID system performs the best when it uses the UHF band 908.5~914.0 MHz frequency and EPC class1 Gen2 tags and that an appropriate logistics system can be constructed when RPPC applies both the conveyer type RFID system and the gate type RFID system to each process.

12. The logistics system suggested in this research can be applied to general Agricultural Products Processing Centers if it is complemented in consideration

of RPPC and the characteristics of the appropriate agricultural products. An agricultural products logistics system applied with RFID can automatically measure the weight of purchased agricultural products, manage the quality of them, and give account settlement services for them. The system is also expected to control an appropriate quantity of agricultural products preserved in cold stores for a specific period, degree, and producer; save costs though reducing waiting time for warehousing and shipping and though curtailing manpower; and lift agricultural competitiveness through enhancing productivity.

CONTENTS

Chapter 1	Outline of the research project	1
Section 1	Objective and necessity of the research	2
Section 2	Scope of the research	3
Chapter 2	The state of art in the country and abroad	29
Section 1	RFID technology	29
Section 2	RFID technology applicable to agricultural foods	44
Section 3	Logistics management technology applied with RFID	50
Chapter 3	Content and results of the research	5
Section 1	Analyzing the logistics and designing logistics processes ...	55
1.	Analyzing the goods warehoused into RPPC and their logistics processes	55
2.	Designing logistics processes in RPPC	58
Section 2	Developments of RFID System for RPPC	62
1.	Gate type RFID system	62
2.	Conveyer type RFID system	67
Section 3	Developing technology utilizing RFID for RPPC	73
1.	Investigating and choosing the RFID frequency	73
2.	Selecting RFID tags applicable in RPPC	77
3.	Developing programs to analyze the tag recognition	77
4.	Analyzing the tag recognition capacity	80

5. Tag and box recognition capacity of the container boxes	8
6. Positive experiment on pepper	
with the gate type RFID system	91
7. Positive experiment on pepper	
with the conveyer type RFID system	97
8. Designing an RPPC logistics system applied with RFID	101
Section 4 Information management technology for RPPC	104
1. Developing programs for the information	
on RPPC warehousing management	104
2. Design of logistics management system for RPPC	107
3. Models to manage the logistics information on process	
using RFID technologies for RPPC	110
 Chapter 4 Objective achievement and contribution to relative fields	 17
 Chapter 5 Application plan of the research	 119
 Chapter 6 Science technology information collected from abroad during	
research programt	121
 Chapter 7 References	 123

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	21
제 1 절	연구개발의 목적 및 필요성	21
제 2 절	연구내용	25
제 2 장	국내외 기술개발 현황	29
제 1 절	RFID 기술개발 현황	29
제 2 절	농식품 적용 RFID 기술 현황	44
제 3 절	물류관리시스템 RFID 적용 현황	50
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	55
제 1 절	고추의 물류특성 분석 및 물류공정 설계	55
1.	고추종합처리장의 물동량 및 물류공정 분석	55
2.	고추종합처리장 물류공정 설계	58
제 2 절	RFID 시작기 개발 및 시스템 설계	62
1.	게이트형 RFID 시스템	62
2.	컨베이어형 RFID 시스템	67
제 3 절	RPPC 적용을 위한 RFID 활용기술 개발	73
1.	RFID 주파수 조사 및 주파수 선정	73
2.	RPPC 적용 RFID 태그 선정	77
3.	태그 인식능력 분석 프로그램 개발	77
4.	RFID 시스템 태그 인식능력	80

5. 컨테이너 박스의 태그 및 박스 인식능력	85
6. 게이트형 RFID 시스템 고추 실증 실험	91
7. 컨베이어형 RFID 시스템 고추 실증 실험	97
8. RPPC 물류관리시스템의 RFID 적용성	101
제 4 절 물류관리를 위한 정보관리 기술	104
1. RPPC 물류관리 정보 프로그램 개발	104
2. RFID 적용 고추종합처리장의 물류관리시스템	107
3. 고추종합처리장의 공정별 RFID 적용 물류정보관리 계획	111
제 4 장 목표달성도 및 관련분야 기여도	117
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	119
제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보	121
제 7 장 참고문헌	123

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 및 필요성

1. 경제적 중요성

고추는 우리 식생활에 가장 많이 사용되는 조미 채소류로서 양념류, 김치류, 고추장 등의 가공식품에 널리 사용되며, 국민 일인당 연간 소비량은 건고추 기준으로 4kg에 이른다. 고추의 전체 소비량은 20만톤, 시장규모는 1조2천억 원으로 추정되고 있으며, 국내 전체농가의 65%인 90만호가 고추 생산농가로써 미국 다음으로 주요한 경제작물이다.

고추종합처리장(Red Pepper Processing Complex, RPPC)은 재배농가에서 생고추로 대량 수매하여 위생적인 건조과정을 통하여 건고추 원료를 생산하고 고품질의 규격화된 고춧가루를 생산함으로써 현행 불합리한 고추 유통구조를 개선, 고추 가공제품의 품질향상, 국내 고추산업의 국제 경쟁력을 제고, 생산농가의 소득기반을 구축하기 위하여 2004년부터 정부에서 추진하고 있는 사업이다. 2004년도 국내 최초로 고추주산지인 영양군에 고추종합처리장 설립이 추진되어 총면적 9,500평 규모에 420평의 고추 전처리 및 건조처리장과 250평 규모의 저온창고가 일차로 설립되었다. 생고추 기준으로 시간당 3톤 생산규모로 생산된 건고추는 ASTA 155 이상, 수분 11%이며 미생물 총균수는 국제규격 이하인 5.5×10^3 CFU/g로 위생적인 고품질 고춧가루 제품의 원료로 이용할 수 있게 되었다.

현재 고추종합처리장에서 생산되는 고추제품은 이력추적관리 및 안전성, 품질 확보를 위하여 품종, 생산자, 수확일자로 구분하여 생산품을 관리하고 있으나 물류 관리 시스템이 구축되어 있지 않아 작업공정에서 수작업으로 분류, 기록 작업을 수행하여 생산효율이 떨어지고 있으며, 생산제품의 입출하 관리 시스템의 부재로 인하여 생산제품을 보관하는 저온창고는 단순 창고기능만 수행하고 있는 실정이다. 또한 고품질 및 품질 등급별 고춧가루 생산을 위하여 수분, 당도, 식미성분

(capsaicin), 색상(ASTA color) 등의 고추원료 품질측정 시스템이 개발되어 품질 요인에 의한 원료 건고추 생산, 유통관리를 계획하고 있어 이를 대비한 물류 시스템 개발이 시급한 실정이다.

고추는 수확시에 물동량이 집중되는 특성을 지니고 있어 적합한 물류용기, 물류 장비와 홍수 출하되는 물량을 처리할 수 있는 적절한 물류시스템의 개발과 적용이 필요하다. 고추종합처리장은 생산농가로부터 다양한 품종의 고추를 공급받아 건고추 및 고춧가루를 생산하여 중간 또는 최종 소비자에게 공급하는 물류기능과 유통기능의 물류센터의 역할을 수행하게 된다. WMS(Warehouse Management System)은 단순한 프로그램을 의미하지는 않는다. 산지유통센터에 적합한 입출 관리, 창고의 재고 관리를 위한 총체적인 시스템을 의미하며 이는 작업장의 환경, 물동량, 대상 농산물의 특성에 적합하게 설계되고 적용되어야 한다. 따라서 보다 효율적이고 비용을 절감할 수 있으며, 농산물의 처리에 적합한 물류시스템의 개발이 필요하며 이를 무선인식 시스템과 같이 운영할 때 보다 높은 효율을 기대할 수 있다.

RFID(Radio Frequency Identification) 기술은 무선 주파수를 이용하여 각 개체를 자동 인식하는 기술로 바코드에 비하여 인식속도가 매우 빠르며 시간당 많은 개체를 처리할 수 있으므로 홍수 출하가 빈번하게 발생하는 농산물의 물류시스템에서 시스템의 부하를 절감하면서 운용될 수 있는 기술이다. 또한 RFID는 내환경성이 우수하고 재활용이 가능하며, 태그가 보이지 않아도 인식이 가능하고 실시간으로 정보통신 시스템과 연동이 가능하여 향후 물류부분에서 바코드를 완전 대체할 것으로 평가받는 중요한 기술로써 향후 농산물의 물류시스템과 이력추적관리에 활발히 적용될 것이다. 현재 국내 농산물의 경우 대부분 물류관리시스템이 미비한 실정으로 물류비용은 제품가격 대비 20%를 상회하여 국가 전체 물류비용 12%에 비하여 월등히 높다. 따라서 시급히 농산물에 적합한 물류시스템의 개발과 적용이 필요하며 이를 통한 물류비용 절감과 효율적인 품질관리로 인하여 생산자에게 소득증대를 가져다 줄 것이다.

2. 산업적 중요성

국내에 설치 운영되고 있는 농산물 산지유통센터의 경우 처리물량 및 집하계획과 판매계획을 상호 연계하여 물류계획이 수립되어야 하나 전문지식의 결여로 적정 물류관리 및 농산품의 이력관리가 이루어지고 있지 않는 실정이다. 따라서 국내 농산품의 국제적인 경제력 확보를 위해서는 농산물 산지유통센터의 물류관리 기술의 개발과 보급이 정책적인 차원에서 필요한 실정이다. 농산품의 원활한 생산공급과 효율적인 재고관리를 위한 물류관리시스템은 수요에 따라 적절히 대응하기 위하여 물자의 흐름을 파악하여 물류전략을 강화할 수 있으며, 이를 위한 가장 효과적인 방법이 SCM(Supply Chain Management)이다. 이 SCM을 통해 농산품의 흐름에 관한 정보를 물류관리자들이 공유하여 수확, 생산, 저장, 유통 과정에서의 물류경쟁력을 키워갈 수 있다.

고추를 포함한 농산품의 이력추적관리를 위해서는 생산농가에서 출하에 이르기까지 일관적용이 가능한 시스템의 적용이 필요하며, RFID 기술은 그 과정을 보다 효과적이고 간편하게 적용이 가능하게 하며, 재활용이 가능하므로 기존의 바코드 시스템보다 효율적인 적용이 가능하다. RFID 기술은 위조, 변조가 불가능하므로 고추의 원산지를 속이거나 하는 편법적인 유통이 원천적으로 차단되어 소비자의 신뢰를 높이고, 고품질의 농산품을 적절한 가격에 판매하여 생산자의 소득증대를 꾀할 수 있다. RFID 기술은 전자태그에 내장된 정보를 전파를 이용하여 안테나와 리더기를 통해서 비접촉 방식으로 읽어내는 기술로써 현재는 유비쿼터스 사회진화를 위한 초석으로 인지되고 있다.

국내에서도 정통부와 산자부를 중심으로 RFID 시범사업이 추진되고 있으며 기술로드맵에 따라 급격한 기술발전이 이루어지고 있어 수년내 광범위한 분야에 실용화가 이루어질 전망이다. 농업분야의 적용은 쉽지 않다. 다른 산업과 달리 농산품은 개체별 특성이 다양하며 작목별, 품목별, 생산자별 다양한 방식의 생산 및 물류이송이 이루어지기 때문이다. 관련기술의 국내 농업분야에서는 가축개체인식외에는 수행된 연구가 없는 실정으로 향후 RFID의 전면적인 확산을 대비하여 혼란을 최소화하고 안정된 시스템 전환을 위해서는 농산품에 적합한 RFID 적용기술의

연구가 필수적이다.

3. 연구의 필요성 및 목적

국민소득 수준이 높아짐에 따라 농산물의 안전을 포함한 품질에 대한 관심도가 높아지고 이에 따라 고품질의 국내산 농산물에 대한 수요가 증가하여 농가소득에 크게 이바지하고 있다. 그러나 불량 수입 농산물의 유입 및 국내산 저품질 농산물 유통 등으로 인하여 농산물의 유통 신뢰성이 사회적인 문제가 되고 있다. 현재 상품의 차별화와 소비자의 상품 신뢰도를 높이기 위해 포장용지나 용기에 생산자, 생산지, 등급 표기 등을 표기하고 있기는 하나, 정보 위조 및 변조가 쉽고 유통단계에서 수입 농산물이나 타 지역의 불량 농산물의 유입에 대한 감시가 어려워 유통질서 확립을 위한 근본적인 해결책 마련이 절실하다.

고추종합처리장은 산지에서 원료 고추를 집하하여 세척, 절단, 건조, 분쇄, 포장 등의 작업을 거쳐 출하하는 것을 목적으로 하고 있으며, 제품의 규격화 고품질화를 추진하기 위하여 고품질의 원료를 선별하여 입고하는 물류시스템의 개발과 적용이 필수적이다. 고추종합처리장에서 제품의 규격화 생산을 위하여 입고되는 원료 고추의 품종별, 지역별 분류가 필수적으로 요구되며, 생산농가의 고품질 원료 생산을 장려하기 위하여 생산자별 품질을 검증하고 이들 결과를 바탕으로 입고분에 대한 인센티브 제도의 운영을 추진하고 있다.

국외에서는 농산품 및 식품의 안전성, 신뢰성과 물류의 효율화를 위한 대안으로 RFID에 대한 적극적인 검토 및 실증사업이 수행되고 있으며 일부 실용화가 이루어지고 있는 실정이나 국내의 경우 농식품 분야에 도입을 위한 적용기술에 대한 연구가 미흡한 실정이다. RFID 시스템은 안테나, 리더, 태그의 세가지 요소로 구성되며, 태그의 부착위치, RF의 주파수 대역, 안테나의 조향과 특성 등의 조합에 따라서 현격한 인식율의 차이를 나타낸다. 고추의 경우 생산조직, 지역 등에 따라 다양한 방식의 생산, 물류, 유통 구조를 가지고 있고 수분의 함유량 등 유통과정 중 이화학적 성분변화가 일어나므로 정형화된 RFID 시스템 도입이 쉽지 않다. 따라서 주어진 환경에 적용되는 RFID 기술의 최적조합을 찾아내는 연구는 무선태그

기술을 고추에 적용하기 위하여 반드시 필요하다.

고추종합처리장은 생산농가로부터 다양한 품종의 고추를 공급받아 건고추 및 고춧가루를 생산하여 중간 또는 최종 소비자에게 공급하는 물류기능과 유통기능의 물류센터의 역할을 수행하게 된다. 농산품의 물류관리 시스템은 산지유통센터에 적합한 입출 관리, 창고의 재고 관리를 위한 총체적인 시스템을 의미하며 이는 작업장의 환경, 물동량, 대상 농산품의 특성에 적합하게 설계되고 적용되어야 한다. 고추종합처리장은 산지에서 원료 고추를 집하하여 세척, 절단, 건조, 분쇄, 포장 등의 작업을 거쳐 출하하는 것을 목적으로 하고 있으며, 제품의 규격화 고품질화를 추진하기 위하여 고품질의 원료를 선별하여 입고하는 물류시스템의 개발과 적용이 필수적이다.

본 연구에서는 고추의 이력추적관리 및 고추종합처리장 물류관리 시스템 적용을 위하여 무선인식 기술인 RFID의 활용기술을 개발하고, RFID을 이용한 고추종합처리장의 적정 물류관리 시스템 설계를 하고자 하였다.

제 2 절 연구 내용

본 연구의 내용은 고추의 물류특성 분석 및 물류공정 설계, RFID 시작기 개발 및 시스템 설계, 고추에 적용 가능한 RFID 활용기술 개발(태그 주파수, 태그 부착 위치, 컨테이너 적재패턴, 안테나에 따른 인식 능력 분석, 리더기의 전파출력 특성), RPPC 물류관리를 위한 정보관리 기술 개발을 포함하고 있다.

1. 고추 물류특성 분석 및 물류공정 설계

고추는 수확기에 많은 양의 고추가 홍수 출하가 이루어지며, 경작지의 위치가 산비탈에 주로 위치하고 있어 대형차량의 접근이 불가능하다. 또한 고추의 부피에 비하여 중량이 가벼운 부피집의 특징을 보이고 있다. 이와 같은 고추의 물류특성을 분석하고 제한된 물류환경을 갖추고 있는 고추종합처리장에서 홍수출하 및 대

량의 고추 원료 처리를 위한 물류 시스템을 설계한다. 연구내용으로는 고추종합처리장의 물동량 및 물류공정 분석, 고추종합처리장의 물류공정 설계이며, RRPC의 물류공정은 기간/일자별 물동량 및 RRPC내의 이동 물동량을 고려하여 설계한다.

2. RFID 시작기 개발 및 시스템 설계

RFID 시스템은 안테나, 리더, 태그의 세가지 요소로 구성되며, 본 연구에서는 이들 하드웨어의 특성을 분석하여 고추에 적합한 최적의 조합으로 RFID 시작기를 개발하고 성능실험을 통하여 RRPC에 물류 시스템에 적용할 RFID 시스템을 설계한다. 주요 연구내용으로 안테나 및 리더기 선정, RFID 안테나 및 리더기의 위치 및 형태 설계, 이송장치 설계를 통하여 게이트형 RFID 시스템과 컨베이어형 RFID 시스템을 개발하고 시작기의 성능실험을 수행한다.

3. RRPC 적용을 위한 RFID 활용기술 개발

고추의 경우 생산조직, 지역 등에 따라 다양한 방식의 생산, 물류, 유통 구조를 가지고 있고 홍고추의 경우 높은 함수량을 가지고 있어 정형화된 RFID 시스템 도입이 쉽지 않다. 본 연구에서는 고추의 물류 환경에 적용되는 RFID 기술의 최적 조합을 찾아내는 실험을 통하여 고추의 물류에 적용 가능한 원천기술을 확립하고자 한다. 연구내용으로는 RFID 주파수 조사 및 주파수 선정, RRPC 적용 RFID 태그 선정, 태그 인식능력 프로그램 개발, 태그 인식능력 분석, 컨테이너 박스의 태그 및 박스 인식능력, 게이트형 RFID 시스템의 고추 실증 실험, 컨베이어형 RFID 시스템의 고추 실증실험으로서, 실증실험에는 태그 부착위치에 따른 인식능력, 이송속도와 리더기 위치에 따른 인식 능력 분석, 적재방법에 따른 인식 능력 분석을 수행한다.

4. 물류관리를 위한 정보관리 기술 개발

물류관리를 위한 WMS의 적용시 산업별 및 제품별 물류환경이 상이하여 각 물류환경에 적합한 모델을 구축하게 된다. 본 연구에서는 고추의 집하에 관련된 일

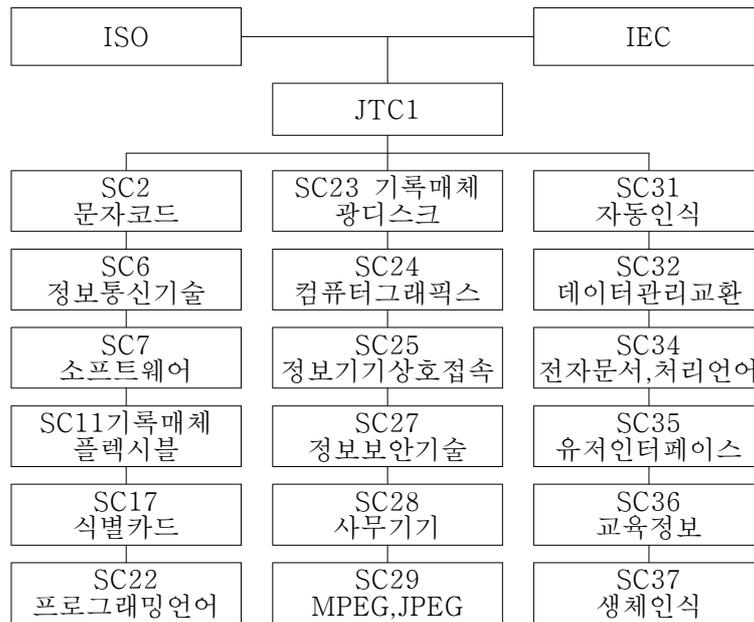
련의 과정을 처리하기 위해서 고추종합처리장 내부의 물류를 처리하고 효율적인 품질 및 재고관리를 할 수 있는 정보관리 기술을 개발하고자 한다. 연구내용으로는 RPPC 물류관리 정보 프로그램 개발, RFUD 적용 고추종합처리장의 물류관리 시스템 및 고추종합처리장의 공정별 RFID 적용 물류정보관리 모델 설계를 수행한다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 RFID 기술개발 현황

1. RFID 표준화 현황

국제표준을 주도하는 표준화기구인 ISO(국제표준화기구)와 IEC(국제전기기술위원회)는 합동기술위원회(JTC1: Joint Technical Committee 1) 내에 1996년 3월 AIDC기술 표준화를 위한 SC31(Sub-Committee 31)을 설립하고(Fig. 2-1), 바코드 및 RFID 태그와 안테나 간의 에어인터페이스 또는 프로토콜 등의 국제표준화 작업을 수행하고 있다(Table 2-1).



(source : RFID 기술표준 및 실용화 전략 가이드, 2006.)

Fig. 2-1 ISO, IEC 합동기술위원회(JTC1) 조직도

Table 2-1. ISO/IEC JTC1/SC31 WG4의 표준화 현황

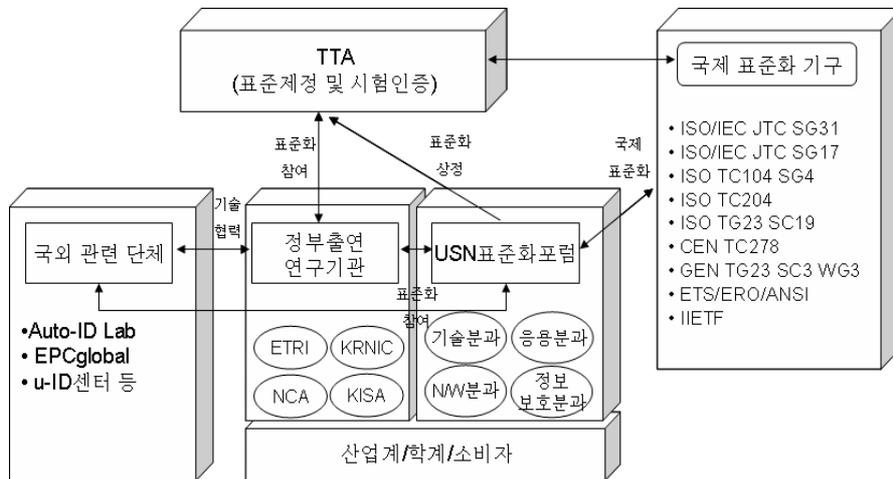
그룹	그룹명	ISO/IEC	작업명	현단계	비고
SG1	DATA 구문표준	15961	Tag Commands	FDIS	데이터 프로토콜
		15962	Data Syntax	FDIS	
		24729	Data Value Domain Interpretation and Guideline	NP	
SG2	Tag식별	15963	Tag식별자	FDIS	유일 Tag식별
SG3	Air Interface (통신)	18000-1	Generic Parameters	FDIS	파라미터 규정
		18000-2	below 135KHz	FDIS	가측관리
		18000-3	13.56MHz	FDIS	도서관리
		18000-4	2..45GHz	FDIS	무침응용
		18000-6	UHF860-960MHz	FDIS	유통물류
		18000-7	UHF433MHz(Active)	FDIS	컨테이너
ARP	적용기술	18001	Application요구사항	DTR	적용조건 조사

EPCglobal은 기존의 MIT Auto-ID센터에서 개발한 기술을 표준화하고 상용화를 추진하기 위하여 2003년 10월에 설립된 기관으로 EPC(Electronic Product Code)를 기반으로 EPC 네트워크를 구성하기 위한 기술을 개발하고 표준화를 추진 중에 있다. EPC코드는 기존의 바코드 관리 기관에서 제안한 RFID용 코드체계로서 64비트, 96비트, 혹은 256비트의 상품번호 체계에 기반을 두고 있고, 버전관리를 위한 1개 영역과 상품을 구별하기 위한 3개 영역, 총 4개영역으로 구성되어 있으며, 코드의 표현 순서는 상위 비트열부터 하위비트열을 향해 버전숫자, 영역관리자번호, 오브젝트 클래스번호, 일련번호의 순서로 나열되어 있다. EPC버전은 총 7종류가 존재하며 버전 구조의 차이는 각 영역에 할당된 비트길이의 차이이므로 버전번호를 알게 되면 상품에 대해 할당된 비트의 길이가 예측가능하다(Table 2-2).

Table 2-2. EPC버전에 허용된 비트의 구성

구분	버전번호	영역관리자	오브젝트클래스	일련번호
EPC-64Type1	2	21	17	24
EPC-64Type2	2	15	13	34
EPC-64Type3	2	26	13	23
EPC-96Type1	8	28	24	36
EPC-256Type1	8	32	56	192
EPC-256Type2	8	64	56	128
EPC-256Type3	8	128	56	64

국내 RFID/USN 표준화 추진체계는 TTA가 활동을 지원하는 USN 표준화포럼 내에 4개의 분과(기술, 응용, 네트워크, 정보보호)로 구성하며, 정부출연기관인 ETRI, NCA, KRNIC, KISA,가 하나씩 표준화 분과를 주도적으로 맡아 TTA 단체 표준을 추진하고 있다(Fig. 2-2).



(Source: TTA, 'RFID/USN표준화 추진방향')

Fig. 2-2 RFID/USN 표준화 추진체계.

국내 표준화 기술분과는 Table 2-3과 같이 4개의 W/G(시스템기술W/G, 미들웨어W/G, 시험인증W/G, USN 미래기술W/G)로 구성되어 있으며, 응용분과는 3개의 W/G(물류/유통W/G, 사회/문화W/G, 교통/환경W/G)로 구성되어 있다(Table 2-4).

Table 2-3. 기술분과 현황

기술분과	표준화추진
시스템기술W/G	국제표준을 수용하고 국내 기술개발과 연계하여 900MHz/433MHz RFID 시스템 국내 표준을 개발
미들웨어W/G	국제기술동향 파악하여 리더/호스트/응용 데이터 인터페이스 국내표준 개발
시험인증W/G	RFID 리더/태그 국내 기술기준 시험표준 개발 국제표준을 수용하고 국내 기술개발과 연계하여 900/433MHz RFID 시스템에 의한 인체영향 및 EMI기술 기준 개발
USN 미래기술W/G	국제 기술동향을 파악하여 센서와 태그 통합 등에 대한 표준기술을 개발하여 국내표준 및 국제표준을 제안

(source: ETRI, 'RFID 기술 및 시장동향', 2005)

Table 2-4. 응용분과 현황

응용분과	응용분야	추진방향
물류/유통W/G	조달, 국방, 우편 등 물류분야	· 시범서비스 및 테스트베드를 통해 ARP (Application Requirement Profile)를 개발하여 국내표준 제정 및 국제 표준을 제안
사회/문화W/G	교육, 문화, 엔터테인먼트	
교통/환경W/G	교통, 환경	· 센싱 및 네트워크 융합 등 USN 발전단계에 맞추어 BM발굴 및 응용표준 개발

(source: ETRI, 'RFID 기술 및 시장동향', 2005)

그리고 네트워크분과는 2개의 W/G(ODS W/G, IPv6연동)으로 구성되어 있다 (Table 2-5).

Table 2-5. 네트워크 분과 현황

네트워크분과	표준화추진
ODS W/G	RFID코드 확장성 및 메시지 최적화를 고려한 ODS(Object Directory Service)표준을 개발 및 구현하고 국제표준 제안
IPv6 W/G	국제 RFID코드인 EPC(Electronic Product Code)와 IPv6주소 체계 간 매핑 표준을 개발

(source: ETRI, 'RFID 기술 및 시장동향', 2005)

정보보호분과는 2개의 W/G(RFID보안 W/G, USN보안 W/G)로 구성되어 있다 (Table 2-6).

Table 2-6. 정보보호 분과 현황

정보보호분과	표준화추진
RFID보안 W/G	<ul style="list-style-type: none"> · RFID태그 등 초경량 환경에 적합한 암호 프리미티브(블럭암호, 스트림 암호, 해쉬함수)를 개발하여 국내표준 제정 및 국제표준을 제안 · RFID태그/리더간 상호인증을 위한 경량화된 인증기술을 개발하여 국내표준 및 국제표준을 제안 · RFID사용자의 개인정보 및 위치정보 프라이버시 침해방지를 위한 기술을 개발, 국내표준 제정 및 국제표준을 제안
USN보안 W/G	<ul style="list-style-type: none"> · USN환경에서의 라우팅 프로토콜 보호 메커니즘을 개발하여 국내표준 제정 및 국제표준을 제안 · Ad-hoc네트워크, USN등에서의 인증을 위한 기술을 마련하여 국내표준 제정 및 국제표준을 제안

(source: ETRI, 'RFID 기술 및 시장동향', 2005)

2. RFID 기술별 개발 동향

RFID는 reader-tag 기술, 주파수 관리기술, 미들웨어 개발하는 automatic identification technology), data transferring, data warehouse, filtering, data sorting을 연구하는 automatic data collection technology, security 기술, 코드식별 기술, MDS 객체정보검색 기술, 인증, 통신 기술의 networking technology에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 2007년도 들어서는 RFID/USN 전문가포럼 및 AUTO-ID EXPO 2007 Japan, RFID/USN Korea 2007 International Conference의 기술동향은 기존 RFID 기술과 함께 MOBION(Mobile RFID), USN(Ubiquitous Sensor Network) 분야로 세분되어 3개 분야로 확장 발전되고 있으며, 향후 RFID, MOBION, USN 기술의 융합으로 인하여 식품 및 농산물의 유통시스템도 혁신적으로 변화가 예고되고 있다.

가. 태그 기술

현재 국내의 RFID 태그 생산 현황은 태그 칩 제조사(IMPINJ, TI, 필립스, 에일리언, 메트릭스, ST마이크로)에서 웨이퍼를 공급받아 EPC0, EPC0+, ISO18000-6B, U-CODE 1.19 프로토콜을 지원하는 스마트라벨을 생산하는 것이 주를 이루고 있으며, 일반적으로 다이폴 안테나 기반의 물류용 태그가 생산된다. 스마트라벨 가격은 2007년도 기준으로 0.5~1달러(백만장 기준) 수준으로, 특히 미국 월마트의 영향으로 스마트라벨과 관련된 분야의 기술개발이 이루고 지고 있다. 기타 특수 태그와 관련된 부분은 상대적으로 연구개발이 미진한 실정이다. 국내 태그 제조업체의 생산기술 향상은 빠르게 발전되고 있으나 해외 업체에 비해 영세하여 외국의 대규모 업체와 경쟁하는데 어려움이 있다.

나. UHF RFID 리더 기술

현재 RFID 고정형 리더의 제조 회사는 전 세계 적으로 10~15개이며 자체기술 보유 회사와 주문자개발방식(ODM) 기반 회사로 나눌 수 있다. 주요 제작사는 10개 이하로 추정된다. 현재 모든 리더는 패치형 안테나 기반의 고정형 리더이며 ALIEN, AWID 회사의 제품은 안테나 내장형의 독립형 리더도 제조하고 있다. 월

마트의 영향으로 주파수는 902~928 MHz, FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)방식을 주로 이용한 FCC규격을 만족하는 북미형 리더들이 생산된다. 현재 리더의 개발 추세는 월마트를 비롯한 물류, 유통 분야의 요구사항을 만족시키는 방향으로 가고 있다.

해외 휴대형 리더를 제조하는 업체는 20여개 정도로 추정된다. 리더의 형태에 따라 산업용 PDA에 적용한 제품, PCMCIA 타입, 모듈 형태가 있다. 전원의 형태에 따라 분류하면 배터리 내장형과 분리형으로 나눌 수 있고, 0.5W 모듈과 1W 모듈의 사용에 따라 배터리 소모량이 차이를 보인다. 현재의 기술 수준에서는 1~2 시간 정도의 연속 동작 시간을 가지며, 아직까지는 사용자의 요구에 부응하는 사용시간 및 성능을 만족하는 제품은 없다.

안테나는 보통 소형 패치 안테나로 이루어지고, 현재까지 출시된 대부분의 제품들은 디자인이 유사한 형태로 제작되고 있다. 핵심 휴대형 모듈을 생산하는 업체는 WJ, AWID, 에일리언, 싱매직 등이 있으며 대부분의 업체들은 이 생산 업체들로부터 모듈을 공급받아 휴대형 리더를 제품화하고 있는 실정이다. 리더의 인터페이스 환경은 보통 RS-232통신을 기반으로 이루어지며 PDA의 지원에 따라 CDMA, 블루투스, WLAN, 적외선 통신을 지원한다.

다. 미들웨어 기술

미들웨어는 크게 RFID기반 미들웨어와 데이터스트림 처리 프로젝트 SW로 구분할 수 있는데, RFID 기반 미들웨어에서 선 마이크로시스템의 SUB Savant는 자바 플랫폼 기반의 RFID 이벤트 관리기이며, CatTech의 TagWare는 리더 제어, 데이터 해석, 추상화한 인터페이스와 다양한 표준 인터페이스를 제공하는 SW를 개발하였다. 또한 ConnecTerra는 이동환경 서비스를 지원하고 비즈니스 로직 구성 및 관리를 지원하는 iMotion을 개발하였고, 에릭슨은 Savant 규격의 RFID enterprise meddleware를 개발하였다. 데이터 스트림 처리 프로젝트의 경우, Brown대학, Brandeis 대학, MIT 등에서 데이터 스트림 관리 시스템 개발을 목적으로 하는 AURORA 프로젝트를 진행하였고, 스탠포드 대학에서는 데이터 스트림에 대한 연속 질의, 질의 계획과 실행 전략을 수립하고 CQL언어를 사용하는

STREAM 프로젝트를 수행 중에 있다. 또한, 위스콘신 매디슨 대학은 연속질의를 처리하기 위한 고확장성 시스템을 개발 중에 있다. 이 밖에 버클리 대학의 TelegraphCQ 프로젝트, Georgia Tech의 OpenCQ 프로젝트, 코넬 대학의 COUGAR 프로젝트 등이 진행 중에 있다.

라. 기술 발전 방향

국내의 RFID 태그 분야 기술은 각 주파수 대역별로 태그 칩을 수입하여 안테나 가공이나 라벨링 작업을 하는 수준을 벗어나, 최근에는 칩 자체를 개발할 수 있는 기술력을 확보해 가고 있다. 그러나 RFID 태그의 소량 생산에 대한 경쟁력은 확보됐지만 시장의 핵심 경쟁력인 대량 생산 및 저가의 주문형 제품 생산 능력은 미흡한 실정이다. 또 기술적 측면에서도 저가의 맞춤 설계 능력, 대규모 태그 양산 기술이 부족해 경쟁력 향상을 기대하기 쉽지 않다.

125 kHz/134 kHz 대역의 태그는 텍사스인스트루먼트(TI), 13.56 MHz대역의 태그는 TI·필립스·미쯔비시머티리얼·소니 등의 태그 칩을 수입하여 안테나 가공 또는 라벨링 작업을 한 제품이 시장을 주도했다. 시장이 어느 정도 성숙한 13.56 MHz 대역의 태그는 지난해 쓰리에이로직스라는 국내기업이 ISO14443-A/B 타입을 지원하는 13.56 MHz RFID 태그용 칩을 국내 최초로 개발 완료했다. 900 MHz 대역의 태그는 에일리언, Inpinj, 인터맥, 필립스, 심볼 사의 칩을 전량 수입하여 부품 라벨의 제품 개발 및 생산을 하고 있으며, 최근 삼성전자가 900 MHz 대역 RFID 칩 개발을 하였다. 삼성테크윈이 태그 대량 생산을 위한 설비를 도입중이며, 한국전자통신연구원·LG산전·크레디패스·키스컴 등에서도 기술 개발을 진행중이다. 수동형 태그는 ETRI와 엑사이엔시, 한맥이엔지, 스피드칩사가 공동으로 기술 개발에 참여하고 있으며, 능동형 태그는 433 MHz 대역을 중심으로 ETRI와 디엔에스테크, 창와텍, 빅텍, 전자부품연구원 등이 공동 프로젝트로, 크레디패스는 단독으로 개발에 나서고 있다.

향후 RFID 태그 관련 기술은 2006년도까지 수동형의 단일밴드/멀티모드형, 2006년도부터 2010년까지는 능동형의 멀티밴드/멀티모드형 태그가 주를 이룰 것으로 예측하고 있다. 그러므로 향후 초소형 및 초저가 RFID 시장에서 필수적으로

요구되는 433 MHz, 900 MHz, 2.45 GHz, 5.8 GHz 대역 단독형의 태그 관련 기술과 13.56 MHz/900 MHz/ 2.45 GHz와 같은 대역에서 동작하는 멀티밴드·멀티모드형에 필요한 관련 기술과 칩 국산화가 시급하다고 볼 수 있다.

리더 관련 기술은 국내에서 보유하고 있는 세계적인 이동통신 단말기 기술과 매우 유사한 분야로 세계 표준을 주도하는 EPC, ISO 등의 표준을 만족하는 제품이 아직 시제품 제작 단계다. 그러나 리더 개발에 필요한 RF, 디지털, 안테나 기술 분야에 대한 충분한 기술적 역량을 갖추고 있기 때문에 향후 RFID 리더 시장에서 주도권을 잡을 것으로 보인다. 125 kHz/134 kHz와 13.56 MHz 대역의 고정형과 CF 형태의 리더를 크레디패스, 세연테크놀러지, 이씨오, 코리아센서닷컴, 키스컴, DNS테크놀러지, RFID LAB 등에서 이미 개발해 판매하고 있다.

900 MHz 대역의 고정형과 휴대용 리더는 EPC, ISO 등의 표준을 만족시키는 에일리언, AW-ID, 인터맥, 심볼, 싱매직, 샘시스 등의 외국 기업의 제품이 시장을 선점하고 있으며, 휴대용 리더 모듈도 Alien, AW-ID, WJ 등과 같은 업체에서 생산하고 있다. 국내 제품의 경우 북미방식에 비해 사용주파수 대역과 점유대역폭, 통신 방식이 달라 국내 기술 기준안을 만족시키는 제품의 출시가 늦어졌지만 세연테크놀러지, 크레디패스, 키스컴 등 많은 업체에서 제품 개발에 박차를 가하고 있다. 또한 한국전자통신연구원에서는 900 MHz 수동형/433 MHz 능동형 리더 개발을 추진하고 있다.

3. 국내 시범사업

세계적으로 ISO/IEC/EPC가 주도적으로 진행중인 국제 표준화 기술과 함께 물류유통, 정보관리, 공정관리, 교통 등의 실증연구에 많은 관심을 보이고 있다. 국내에서도 2003년부터 추진하던 U-Korea 전략을 2006년도에 수정 발표하였다. 2006년 새롭게 추진되는 IT839 정책은 8대 서비스, 3대 인프라, 9대 신성장동력 사업으로 RFID 분야는 8대 서비스와 9대 신성장동력 사업에 포함되어 국가의 핵심 미래기술로 추진되고 있다.

가. 2004년 정보통신부 RFID 사업

Table 2-7과 같이 정보통신부에서 시행한 2004년 시범사업은 공공기관에서 RFID 적용과제 공모를 통해 28개 과제 가운데 2차 심사를 거쳐 5개의 시범사업을 결정하였고, 2004년 예산 범위 안에서 추가적으로 “항만물류 효율화” 부분의 시범사업이 추가 진행되었다.

Table 2-7. 2004년 정보통신부 RFID 시범사업 내역

과제명	수행기관	수행내용	적용 주파수
물품관리 시스템 구축	조달청	효율적인 국가 자산 관리를 위해 RFID 태그를 이용하여 물품 등의 온라인 관리를 수행할 수 있는 시스템 구축	900MHz Passive
탄약관리 시스템 구축	국방부	국방 탄약관리에 RFID를 도입하여 현행 수작업 방식의 탄약관리 업무를 자동화하여 과학적 관리가 가능한 시스템 구축	900MHz Passive
수출입 국가물류 인프라 지원사업	산업자원부	자동차 부품 제조사의 해외 공장 부품 공급을 위해 각 물류 거점에 RFID를 설치하고 정보의 실시간 공유 등이 가능한 시스템 구축	900MHz Passive
수입 쇠고기 추적 서비스 체계 구축	국립수의과학검역원	수입쇠고기에 RFID 부착하여 수입부터 판매에 이르는 검역, 유통과정을 편리하고 원산지 및 검역 정보를 제공하는 RFID 시스템 구축	900MHz Passive
항공수화물 추적통제 시스템 구축	한국공항공사	바코드 기반 수화물 태그에 RFID 시스템을 도입하여 수화물 분실 및 분류 오류 등을 방지하여 대국민 서비스 향상	900MHz Passive
항만물류 효율화	해양수산부	내륙 화물기지에서 국내 컨테이너 터미널로 반입 되는 컨테이너 중 미주 바운드 컨테이너 RFID를 적용	433MHz Passive

(source: 정보통신부, 2005)

나. 2005년도 정보통신부 RFID 시범사업

2005년 시범사업은 2004년 시범사업과 동일하게 공공기관을 대상으로 RFID 적용과제를 공모했고 그 가운데 6개 과제를 선정 및 시범사업을 하였다. Table 2-8은 2005년도 정보통신부 RFID 시범사업의 수행내용이다.

Table 2-8. 2005년도 정보통신부 RFID 시범사업

과제명	수행기관	수행내용
감염성폐기물 관리시스템	환경부	병원에서 배출하는 폐주사기, 장갑 등 감염성 폐기물 수거 Box에 900MHz 태그를 부착하여 실시간 관리
F-15K 부품관리 시스템	공군본부	F-15K에 들어가는 부품에 RFID 태그를 부착하여 체계적인 신무기 체계 자산관리 시스템 구축
개성공단 한우 시스템	강원도	대관령 지역의 한우를 대상으로 125KHz 대역 및 900MHz RFID 태그를 부착하여 생산 이력관리 및 가공, 판매를 관리
항공화물 RFID 시범사업	인천광역시	항공화물 탑재용기(ULD)에 RFID 태그를 부착하여 항공화물의 재고관리 및 위치 파악 등 항공물류 고도화 실현
u-Museum 서비스	국립현대미술관	RFID와 PDA형 리더기를 통해 작품정보 서비스, 도난방지 입출고관리, 이력관리 등 서비스를 제공

(source: 정보통신부, 2006)

다. 산업자원부 RFID 시범사업

2004년과 2005년, 산업자원부에서도 RFID를 적용하는 시범사업을 시행했다. 산업자원부의 시범사업은 정보통신부가 공공분야의 RFID 적용 부분에 대해 초점을 맞추었다면 민간 기업을 대상으로 유통, 물류분야의 시범 사업을 전개했다는 것이 특징이다. 산업자원부가 수행한 시범사업의 주요내용은 Table 2-9와 같다.

Table 2-9. 2004년~2005년 산업자원부 RFID 시범사업 내역

수행년도	과제명	수행기관	수행내용
2004년	삼성테스코 RFID 시범사업	삼성테스코	유통물류상에서 RFID 도입의 예상 이익과 전제조건 분석 및 현 기술력의 수준 및 활용 가능성 검토
	CJ GLS 시범사업	CJ GLS	실제 물류현장에 RFID 시스템을 적용한 운영 모델 개발 및 기존 시스템과 연계를 통한 부가가치 서비스 창출
2005년	유통매장 고객 동선과약 시범사업	삼성테스코	카트와 장바구니에 RFID 태그를 부착하여 고객의 이동에 따라 안테나에서 이동관련 정보를 RFID 서버로 데이터를 전송 후 관련데이터를 가공, 분석
	상품이력 적합성 검증 사업	CJ GLS	식품생산 공정에 RFID를 활용하여 원부재 관리를 통해 이력을 관리하는 시스템
	의류관리 시스템	제일모직	의류제조부터 매장관리까지 RFID 시스템을 도입 적용하는 시범사업

(source: 산업자원부, 2005, 2006)

4. 국외 시범사업

RFID는 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반기술의 하나인 센싱 기술로서 파악되어 각국 정부의 지속적인 지원 하에 연구 및 시범사업이 추진되고 있다. 그러나 인식률 제고, 국가간/기기간 표준화 필요성, 기간제 시스템과의 연동 가능성 등 향후 기술적 보완이 지속적으로 필요하다. 해외 주요국들의 경우 RFID를 비즈니스 영역에 확산시키고자 하는 노력이 정부 및 민간 부문을 중심으로 지속적으로 추진되어 왔으며 주로 물류, 유통 부문에서의 확산 노력이 두드러지고 있다.

가. 미국

미국은 여러 분야에서 시범사업이 이루어지고 있으나 유통, 물류분야에서 RFID 적용사업이 활발히 수행되고 있으며, 월마트가 대표적이다. 월마트는 세계1위의 소매유통업체로 전 세계적으로 4750개의 매장을 보유하고 있는 유통회사로서 2005년부터 RFID 적용을 시작하여, 2006년부터 전 공급업체로 확대, 2007년도에는 600개 납품업체에 EPC Gen2태그부착을 의무화 했으며, 질레트·P&G 등 이 회사의 주요 공급사들도 이에 발맞춰 RFID 도입에 적극 동참하고 있다. 특히 EPCglobal을 중심으로 한 UHF 대역 표준화도 주도하고 있다(Table 2-10).

Table 2-10. 미국의 유통/물류 분야 RFID 사업

사업주체	내용	시사점
Wal-Mart	2005년을 기해 Wal-Mart에 입고되는 물품 박스와 파렛트 단위로 RFID 태그 부착 의무화, 2006년에는 전 공급업체로 확대 계획을 발표, 2007년 600개 납품업체에 EPC Gen2 태그 부착 의무화	RFID 물류 보안/비용 제한
Target	대규모 디스카운트 스토어 상품에 단품단위로 RFID태그 부착	단품단위 RFID 사용 가능성
질레트	면도기 날에 RFID태그를 부착하여 상품추적을 통한 연간 3,000만 달러의 도난 피해 최소화 및 물류비용 감축 목표	프라이버시 논란
라스베가스맥 캐런 국제공항	승객의 수화물 처리 실패율을 15~30%까지 줄이기 위해 승객 수화물 추적 시스템 프로젝트 시작	선적 및/수송 관리에 도입 가능

(source: ETRI, 2005)

나. 유럽

유럽 지역의 RFID 적용은 영국의 테스코와 Marks&Spencer와 매트로 그룹 등 대형 유통업체가 주도하고 있으며, 특히 각 지역 소매상의 RFID 접목이 활발하다.

세계 4위 유통업체인 독일 메트로는 2002년 7월 오토아이디센터에 가입한 뒤 RFID 프로젝트를 수행해왔으며, 2004년 4월에는 인텔·SAP·IBM·MS 등 IT업체들과 공동으로 세계 최초의 RFID 결합 매장인 퓨처스토어를 개설하기도 했다. 또한, 프랑스에서는 파리시 교통공사(RATP)의 교통카드에 RFID 솔루션을 사용했다(Table 2-11).

Table 2-11. 유럽의 RFID 주요 적용 분야

사업주체	내용	시사점
파리시 교통공사	프랑스에서는 파리시 교통공사(RATP)의 교통카드에 RFID 솔루션을 사용	교통부분 RFID 이용
Sun	스코틀랜드 린드리고에 RFID 시험센터 설립, 유저컨퍼런스 개최, SCM 원가에 막대한 비용절감 효과 연구 및 프라이버시 침해에 관한 연구 진행	보안/물류 연구
Marks & Spencer, Tesco	의류, CD, DVD 등 상품에서 부착식 RFID 태그 사용을 테스트	소매업 단위 적용
EU	여권에 RFID 칩 삽입, 생체정보를 이용한 신원확인	공공영역에서 RFID 이용

(source: ETRI, 2005)

다. 일본

일본 경제산업성은 국토교통성, 농림수산성, 후생노동성 등이 참여하는 ‘상품추적연구회’를 구성하여 RFID 상품코드체계 통일화 방안을 마련하고 있다. 특히, 통일코드체계를 국제표준화 기구인 ISO에 제안하고 EPCGlobal 등의 RFID 관련 표준화 단체와의 접촉을 하는 등의 행동을 통해 일본의 의사를 반영하는 역할을 하고 있다. 또한, RFID 태그와 관련한 가격의 현실화를 위해 경제산업성과 산업계가 공동으로 100개의 컨소시엄으로 참가하여 민관합동 기술개발 프로젝트인 HIBIKI 프로젝트를 구성하였다. 이 프로젝트를 통해 개당 5엔의 국제표준 RFID 태그의

실현을 추구하는 것을 목표로 설정하였으며, 전자태그 가격점감을 위한 요소기술의 개발, 대량공급을 위한 안정적인 체제 정비, 세계에서 공통적으로 사용이 가능한 RFID태그 개발을 통해 RFID 태그의 보급·발전에 기여할 것으로 예상하고 있다(Table 2-12).

Table 2-12. 일본의 RFID 주요 적용 분야

사업주체	내용	사업분야
농수성, 식약청	식품안전기준법에 대응	식품/생선
마에루쯔, 경산성	IC태그를 사용한 식품 유통 실증실험	
후로성	약사개정법대응, 감염성 폐기물	의약
경산성, 일본출판 인프라센터	도서출판물 관리	출판/서적
경산성, 가전제품협회	생산성, 물류, 판매점에서의 태그활용	가전
경산성, 국교성	자동차 재생법과 관련하여 활동	자동차
경산성, 어페럴산업협회	의류상품의 입출고/반품관리 실험	의류
경산성, ECOM	철강제품 소급성 시스템 연구	철강

(source: 한국항공대학교, 2007)

제 2 절 농식품 적용 RFID 기술 현황

1. 국외

해외 농업부문에서 RFID 기술은 주로 모니터링, 생산이력제, 농산물 물류추적 등의 분야에서 활용되고 있다. RFID기술 도입초기에는 기술적 한계와 비즈니스 모델 부재로 인해 생산이력제와 관련된 연구와 활용이 대부분을 차지했다. 그러나 최근에는 타 산업분야와 같이 물류분야에서도 활발한 연구가 시작되고 있다. 2007년을 전후로 태국과 미국 등에서 곡물을 대상으로 하는 RFID 실시간위치추적시스템이 연구되고 있으며, 최근에는 청과물, 치즈 등의 신선 농산물과 가공농산물 등으로 대상이 확대되고 있다.

가. 태국의 쌀 추적시스템

태국 소프트웨어산업진흥기구(Software Industry Promotion Agency: SIPA)는 산물벼 시장으로부터 도정, 공급에 이르는 쌀 공급망관리에 바코드시스템을 사용하였으나, 2007년 말까지 RFID 기술을 도입한 쌀 추적시스템으로 발전시킬 예정이다. RFID 기술을 통해 쌀의 전 물류유통과정을 모니터링하고, 쌀 공급망에서 종이 없는 정보교환이 실시간으로 가능케 할 계획이며, 다음 단계로 쌀의 원산지 추적, 타피오카에 대한 RFID 기술 적용 등의 연구를 계획하고 있다.

SIPA는 RFID 기술이 농산물 공급망 생산성과 정보의 정확성을 향상시키고, 오류를 최소화함으로써 산업, 비즈니스, 물류, 공공 및 민간부분을 지원할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 특히, 쌀의 경우 어디서 도정이 되었고, 수출되기 전에 어떻게 운송되는지 등을 추적하는 데 유용한 역할을 할 것으로 기대하고 있다.

나. 미국의 곡물 RFID 식품 안전추적시스템

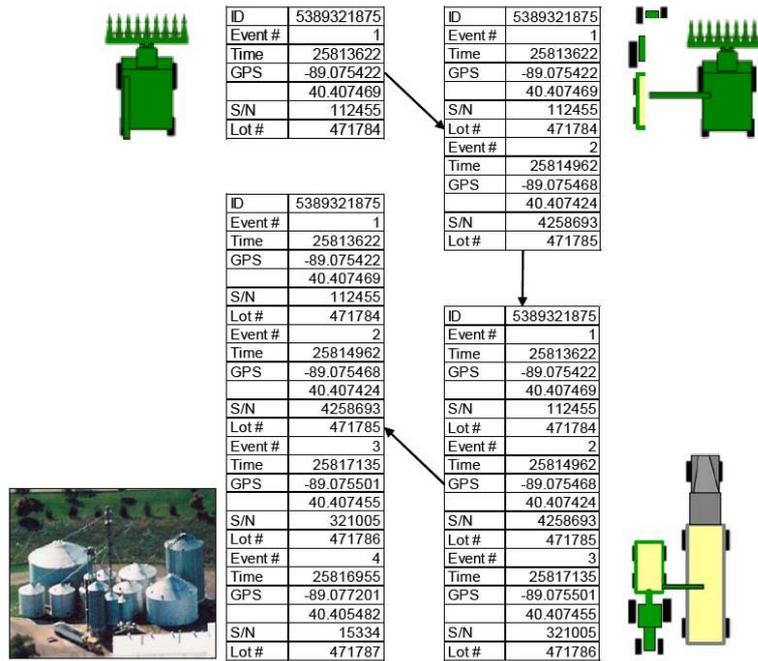
미국 일리노이대학에서 진행 중인 "RFID 농산물 및 식품 안전추적시스템(RFID Agriculture Product and Food Security Tracking System)"은 RFID 태그를 곡물과 혼합한 이후 GPS와 무선통신기술을 활용하여 추적하는 구조로 설계되었다(Fig. 2-3). 이 시스템을 활용할 경우 식품안전, 원산지표시 및 생산이력제 그리고

유통경로 모니터링 등 다양한 용도로 활용이 가능하다(Fig. 2-4).



(source : R. Hornbaker, 2007)

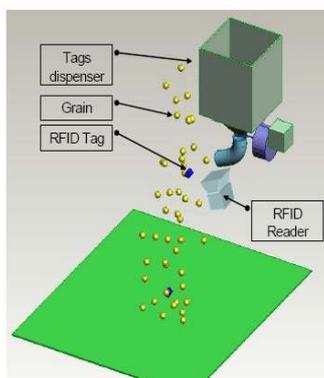
Fig. 2-3 TAG for RFID agriculture product and food security tracking system



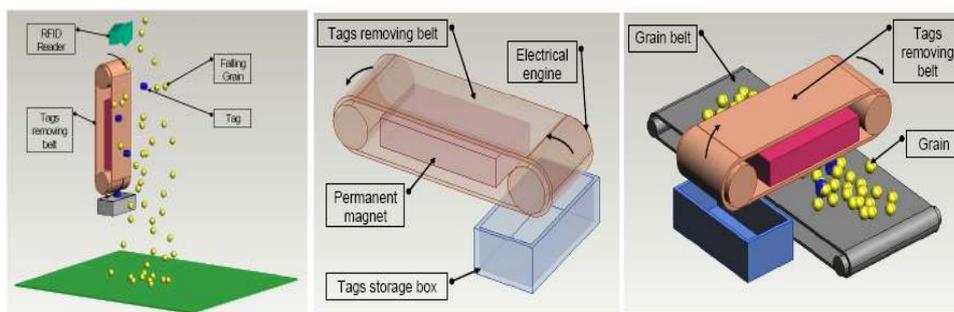
(source: R. Hornbaker, 2007)

Fig. 2-4 RFID agriculture product and food security tracking system

RFID 농산물 및 식품안전추적시스템은 각 개별농장의 수확 위치정보와 함께 종자, 시비, 질병, 품질정보 등을 시스템에 입력하여 곡물 RFID 태그 위치와 연동하여 유통경로를 추적하는데 활용한다. 곡물 RFID 태그는 옥수수, 대두, 밀 등과 비슷한 형태로 캡슐처리를 하여 곡물에 투입한 후 위치추적에도 이용되며, 투입된 곡물 RFID 태그는 컨베이어벨트를 통과하면서 자력에 의해 곡물로부터 분리된다 (Fig. 2-5). 미국의 RFID 농산물 및 식품안전추적시스템의 목적은 수확된 이후 특정 공급망 시점까지의 곡물을 추적함으로써 경제적 측면과 식품안전성 측면에서 생산·유통업자의 이익을 극대화시키는 것이다.



(a) 곡물에 RFID 태그 투입



(b) 투입된 곡물 RFID 태그 회수

(source: R. Hornbaker, 2007)

Fig. 2-5. RFID agriculture product tracking system의 태그 투입 및 회수

다. 캐나다의 생산-소매단계 RFID 활용 연구

2005년 캐나다 전국소매상연합회(National Grocery Associations; NGA)는 RFID 업체와 EPCglobal 캐나다와 함께 캐나다 RFID 센터를 설립하였다. RFID 센터는 유통업체의 본격적인 RFID 태그 도입에 앞서 생산자로부터 소비자에 이르는 물류 단계별로 고습/저온상태에서 RFID 태그가 얼마만큼 내구성을 지니는 지를 확인하는 연구를 실시하였다. 공급망 관리 차원에서 생산이력제 기술을 향상시키기 위한 RFID 인프라 구축을 목표로 하고 있으며, EPC코드 활용의 잠재적 이점을 부각시키고자 하였다. 특히 농산물과 같은 부패성이 있는 상품에 대한 EPC 네트워크 구축이 주요 과제였다. 캐나다 RFID 센터는 농산물과 같은 냉동, 신선, 건조식품의 생산이력제를 위한 정확하고, 비용대비 효율적인 시스템 구축하기 위해 RFID 기술 개발에 초점을 맞추었다. 습도에 약한 전파를 사용하는 RFID 태그를 이용해 습도가 많은 냉동 환경에서 부패 가능한 식품관리 솔루션을 개발하는 것이 목표이다. 이를 위해 캐나다 농식품부(Department of Agriculture and Agri-Food), 소매상 연합체(Canadian Council of Grocery Distributors, Canadian Federation of Independent Grocers, Produce Marketing Association, Food and Consumer Products of Canada) 등이 공동으로 출자하여 170만 캐나다달러를 투자하였다.

캐나다 내에는 RFID기술을 요구하는 대형 유통업체는 없으나 미국과의 긴밀한 경제적 관계와 캐나다 정부의 생산이력제에 대한 관심 등으로 인해 적극적으로 추진이 이루어지고 있다.

라. 스페인 치즈 유통과정에서의 RFID 활용

도르트먼트대학(The University of Dortmund) 물류학과의 관리로 실시된 프로젝트인 “스페인 치즈 Queso Cabrales(Cave-ripened blue cheese) 산지-소매 추적 시스템 연구”는 RFID기술을 활용해 최종 소매단계까지 농산물을 추적하여 유통단계를 확인하는 프로젝트이다. 농가에서 소량으로만 생산되는 Queso Cabrales 치즈는 타 대량생산 치즈와 차별화된 상품으로 RFID 기술을 이용한 제품인증과 추적을 실시하였다. RFID 시스템에는 각각 치즈의 모든 생산과정을 기록하고, 소비자에게 신선한 상태로 판매될 수 있도록 생산일자 및 관련정보를 제공한다. 또한 식

품안전과 관련된 리콜 수행 등에도 활용된다. 2006년 7월부터 12월까지 진행된 시범 사업은 125 kHz RFID 태그를 활용하여 농가번호, 치즈성분 등에 대한 정보를 시스템에 저장하게 하였다. 농민은 생산단계별 일자 및 성분 등 생산이력정보를 휴대형 RFID 리더기를 이용하여 입력한다. 최종 포장 시에 부착되는 RFID 태그는 소매상 도착 시 제거된다. 이렇게 수집된 소매상 정보는 데이터베이스화되어 Queso Cabrales치즈에 관심을 보이는 소비자에게 제공되고, 소비자에 대한 정보도 함께 수집하게 된다.

마. 이탈리아 체리 유통과정에서 온도센서 RFID태그 활용사례

2007년 Parma대학과 Conad사는 Apo Conerpo 농장으로부터 소비지 판매점에 이르는 과정에 온도 관리상태 확인을 목적으로 온도센서 RFID 태그를 이용하였다. 물류유통센터 2곳과 6개 판매점을 대상으로 체리 수확기 1개월 동안 120개의 플라스틱 컨테이너와 200여개의 온도센서 RFID 태그를 부착하는 방식으로 플라스틱 컨테이너와 체리박스사이에 부착되어 농장에서 작동된 이후 주기적으로 온도 데이터를 기록하였다. 이 때 사용된 태그는 ISO 15639 표준 배터리 내장형 13.56 MHz 반수동 태그이며, 매일 소비지 판매점으로 이동하는 평균 6박스의 체리를 대상으로 진행되었고, RFID 리더기는 1) 포장 후 태그 작동, 2) 온도 데이터 다운로드, 3) 판매점 도착 후 태그 정지 등의 용도로 사용되었다. 생산자는 유통파트너에 대해 냉장보존에 대한 신뢰도를 높이고, 유통업자는 생산자와 판매자에게 농산물 유통에 대한 확신을 제공할 수 있었다. 이와 유사한 사례로 칠레의 아보카도 생산업체인 Rio Blanco사 사례가 있으며, 사용된 태그는 위와 동일한 ISO 15639 표준 배터리 내장형 13.56 MHz 반수동 태그이다. 사업이 수행된 유통경로는 칠레 북부 Serena Valley에서 미국 롱비치 항만에 이르는 과정이었다. 이와 같이 온도센서를 이용한 RFID 태그의 응용은 현재 델몬트, Capespan 등의 거대 농산물 유통업체에 의해서도 도입을 검토 중이다.

2. 국내

2006년 이전 RFID 기술은 축산물을 대상으로 생산이력에 대한 시범사업이 진행

되었다. 2007년부터 시작된 농어촌 IT신기술선도사업(Table 2-13)으로 좀 더 다양한 분야에서 활용되기 시작한 RFID기술은 농산물로 그 범위가 확대되면서, 작물 모니터링, 물류정보관리 등으로도 그 범위를 넓히고 있다. 그러나 농산품의 경우 생산조직, 지역 등에 따라 다양한 방식의 생산, 물류, 유통 구조를 가지고 있고 수분의 함유량 등 유통과정 중 품질변화가 일어나므로 정형화된 RFID 시스템 도입이 쉽지 않다. 국내 농산물의 RFID 시범사업은 대상 농산물의 특성을 고려한 기초적인 연구 결과 없이 산업체에 적용하는 시스템과 방법을 그대로 적용함으로써 대부분 시범사업에 그치고 실질적인 활용성이 떨어지는 문제점이 나타나고 있다.

Table 2-13. 2007년도 농어촌 IT신기술 선도사업

사업명	지역	도입내용
u-IT기술을 활용한 농산물관리체계 실용화 구현	경북도	생산이력
u-IT신기술 융복합을 통한 녹차 웰빙 밸리 통합 시스템 구축	하동군	생산이력, 모니터링
가축 방역체계 및 돼지 이력정보 추적시스템 구축	충남도	생산이력, 모니터링
U-BIT 정밀농업 A-Z 시스템 구축	평택시	u-Farm
u-IT신기술 기반의 백두대간 농특산물 생산유통 지원시스템 구축	강원도	생산이력, 모니터링
u-IT신기술 기반 양돈 HACCP 시스템 구축사업	제주도	모니터링
고흥 친환경특산물 이력관리 시스템	고흥군	생산이력
시설관리 기반의 적응형 성장환경 최적화 시스템	전북도	모니터링
U-IT를 활용한 U-포크 안전·안심 시스템 구축	진천군	생산이력, 모니터링
IT신기술 기반 오미자 생육 모니터링 및 관리 시스템	문경시	모니터링

(source: 정통부, 2008)

제 3 절 물류관리시스템 RFID 적용 현황

물류, 유통 기술은 선진국의 경우 IT와 결합하여 빠른 속도로 발전하고 있다. 선진국의 경우 물류관리는 WMS, TMS가 도입되어 바코드를 이용하여 물류시스템을 적용하고 있으며, 최근 유비쿼터스 시대가 다가옴에 따라 유통 및 물류관리 시스템에 RFID 기술을 적용하고자 많은 실증사업을 추진하고 있는 실정으로 이와 관련된 기술은 개념정립단계를 벗어나 최근에는 기업화 단계로 진입하고 있다.

국내외적으로 RFID 관련 시범사업 및 확산사업은 많은 분야에 이용되고 있다. 우리나라를 비롯하여 세계의 많은 나라들이 RFID 시스템의 장점을 인지하고 지속적인 연구개발을 하고 있으며, 미국, 일본, EU 등에서는 몇년전부터 RFID 기술개발 및 산업영역별로 많은 적용이 이루어지고 있다. Table 2-14는 RFID 기술을 활용한 국내외 산업영역별 물류관리 시스템 적용 사례를 나타낸 것이다.

Table 2-14. 국내외 산업영역별 RFID적용 사례

적용분야	사업주체	적용 내용	비고
물류, 유통, 소매업	미국방성	군납업체에 태그부착 의무화 및 시범사업 수행	2004년 2월 결과 발표
	Paramount Farm	트레일러에 RFID 태그를 부착하여 피스타치오 입고시 다수의 공급자 정보를 자동인식하고, 품질등급에 따라 자동관리	
	Flour Construction	건설자재인 스펠에 RFID 태그를 부착하여 공급사슬에서의 선적, 배송, 재고관리 작업 자동화	
	나리타공항	승객 수화물 처리 정확도 향상 및 편리도모, 보안강화를 위해 수화물 추적시스템 가동 개시	핸즈프리 수화물 시스템 구축 목표

Continue Table 2-14

적용분야	사업주체	적용 내용	비고
	일본, LITI	의류 및 포장에 RFID 태그를 부착하여 정확한 상자에 정확한 물품이 배송되도록 하여 비용절감과 신속한 배송시스템 개발과 동시에 매장에서 재고, 물품정보 등의 정보를 파악할 수 있는 시스템 적용	
	EC, Procter & Gamble, Nokia, Unisys	MyGrocer 시스템을 활용하여 슈퍼마켓 고객의 쇼핑 및 가정 내 식품 관리의 자동화 및 개별관리를 가능하게 함	
물류, 유통, 소매업	베네통	의류 제조부터 공급망을 거쳐 상점에 이르기까지 전 과정에서의 의류 흐름과 재고 관리에 RFID 적용	태그에 기록된 정보가 사생활 침해 우려 제기
	한국, 타이어	정련, 압연, 압출, 재단, 성형설비에 각 공정별 RFID 태그를 부착하여 실시간으로 운반구의 위치파악 및 사용처 관리와 재고파악 및 Location정보를 통하여 생산계획수립 및 오 규격장착방지 예방에 사용하기 위한 재공관리시스템 구축	
	한국, 신세계 의류	재고관리 시스템과 연동된 제품관리, RFID 기반 신 개념의 첨단 매장 인프라스트럭처 구성하여 연 이중화 되어 있는 바코드 및 EAS(도난방지) 시스템을 RFID로 일원화	

Continue Table 2-14

적용분야	사업주체	적용 내용	비고
자산관리	Air Canada	음식 카트 등의 이동 비품에 RFID를 부착하여, 비품의 분실 감소 및 효율적인 분배를 통해 비용 절감	
	미국, SSA	SSA(Social Security Administration)의 자산 및 노트북에 대해 자산의 위치를 파악함으로써 가용성 증대	
	영국, Home Office	2000년 Chippin of Good Initiative 발표 후 시범사업 8개를 추진하여 제품의 유무확인, 물건의 소유자 및 진품 여부 확인 및 위치 추적 기능 제공	
건강관리, 식품	McDonald	메뉴조정 및 성분/영양 관리 시스템에 RFID 태그를 적용하여 자동 계산시스템 도입	
	FDA	제약회사의 의약품에 RFID 태그를 달도록 권고하고 약품의 불법 위조 방지	향후 맹인을 위한 약정보 음성 제공(오용 방지)
	EU	가축의 출생시점에 RFID 태그 부착을 권장하여사육과정 및 도살 후 유통 과정의 정보를 중앙 데이터베이스에 저장	향후 의무화 예정
	USDA	U.S. Animal Identification Plan을 수립하고 축산업자들이 자발적으로 RFID 시스템을 사육관리에 적용할 것을 권장	

Continue Table 2-14

적용분야	사업주체	적용 내용	비고
건강관리, 식품	호주, NLIS	National Livestock Identification Scheme을 통해 가축사육 및 유통관리 4년간 시범적용	의무적용 고려 중
	타이완 정부	병원 의료진에게 RFID태그를 부착하고, 병원의 중요 지점 및 출입구에 리더기를 장착하여 의료진의 행동경로 추적	싱가포르에서도 유사사업 진행
보안	EU	여권에 RFID 태그를 삽입하여 생체 정보를 이용한 신원확인	프로젝트 추진 중
	미국, CBP, TSA, DOT	능동형 RFID 태그가 부착된 전자봉인 장치를 컨테이너에 부착하여 컨테이너의 파손 여부 및 이동상황을 실시간 파악/통관절차 간소화	
	미국, Calipatria	수감자 및 교도관이 RFID 발신기를 착용하여 교도소 관리	
	한국, 국방	개인 및 부서보안의 효율적인 구현을 위해서 비밀문서보관/접수/발송/폐기 등 절차를 자동적으로 통제할 수 있는 통합보안시스템 구축	
교통	중국, 이빈시	이빈시 차량의 전면유리에 RFID태그를 부착하도록 하고, 시내 각 지역 주요 도로에 RFID 리더기를 설치하여 차량관리(등록여부, 보험, 도난차량 검사 등) 및 교통 통제	
	한국철도 공사	열차 차량에 지상정보 및 열차정보 전송시스템 구축	

(source: 한국전산원, 2004; 한국RFID/USN협회, 2005, 2006, 2007; ETRI, 2006)

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 고추의 물류특성 분석 및 물류공정 설계

1. 고추종합처리장의 물동량 및 물류 공정 분석

가. RPPC 고추 물량 분석

고추는 산지에서는 플라스틱 컨테이너 박스에 적재하여 농가 또는 운송 대행사가 고추종합처리장(RPPC)으로 운송하고 있다. 운송에 사용되는 컨테이너 박스의 크기는 외부 550 x 366 x 320 mm, 내부 530 x 335 x 321 mm이고 내용량은 53 L, 압축강도는 1,500 kg의 고정식 상자로서 생고추 15 kg 정도가 적재되어 국가표준 파렛트(T11)에 6박스씩 5~9단이 적재되어 운반된다. 국내에 설치된 고추종합처리장은 경상북도 Y군의 고추의 주산지에 설립되었으며, Table 3-1은 이곳 RPPC의 최대 생산능력인 연간 건조능력 12,000톤을 기준으로 고추의 물량과 소요되는 컨테이너 박스의 수량을 분석한 결과로서, 연간 80만개의 컨테이너 박스에 담긴 고추를 처리하기 위한 물류시스템이 필요하다.

Table 3-1. 고추종합처리장의 연간 고추처리 물량 및 소요 컨테이너 박스
(연간 건조능력 12,000톤 기준)

고추 처리 물량	컨테이너 박스당 적재량	입고 박스 수량
12,000톤	15Kg	800,000개

나. 기간/일자별 물동량 분석

경북지역의 경우 고추 수확시기는 매년 8월 8일경 시작되어 10월 15일경 마지막 물량이 수확되며 해당 연도의 노지 고추 수확은 종료된다. 수확된 고추는 꼭지를 제거한 후 컨테이너 박스에 담겨서 고추종합처리장으로 이송되어 입고처리 된다. Fig. 3-1은 고추종합처리장의 일자별 입고량 추이를 나타낸 것으로, 고추 수확

시기 중 8월 하순에서 9월 중순의 약 25일 간은 전체 수확량의 60%에 이르는 고추가 집중적으로 수확되어 고추종합처리장에 입고가 이루어진다. 2007년의 경우, 8월 1일부터 고추의 수매를 시작하여, 10월 10일에 종료하였다. 총 수매량은 3,346.5톤으로, 입고 박스 기준으로 22만 3천 박스를 처리하였다. 수확초기에서 8월 중순까지의 기간에 전체 물량의 20%, 8월 중순부터 9월 중순까지 60%, 9월 중순 이후부터 수확이 종료되는 시점까지 나머지 20%가 생산되며, 각 기간별 고추의 RPPC에 입고 물동량은 Table 3-2와 같다.

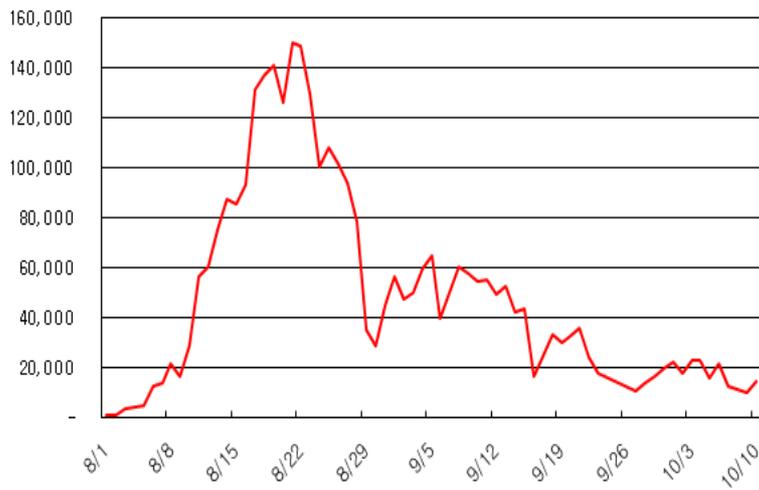


Fig. 3-1 고추종합처리장의 일자별 고추 입고량

Table 3-2. 기간/일자별 고추종합처리장의 물동량

구 분	기 간		
	8/8 - 8/19	8/20 - 9/15	9/16 - 10/15
일 수 (일)	10	25	30
입고비율 (%)	20	60	20
입 고 량 (톤)	2,400	7,200	2,400
일입고량 (톤)	240	288	80
입고박스수량 (개/일)	16,000	19,200	5,334

고추종합처리장의 건조능력은 90톤/일 건조능력의 건조기 2기가 설치되어 있으며, 건조기의 가동률을 70%로 감안하였을 때 건조능력은 일일 128톤이다. Table 3-3은 고추종합처리장의 건조능력을 고려한 컨테이너 박스 물동량과 소요면적을 분석한 결과를 나타낸 것으로, 건조기 투입전 저장되어야 하는 컨테이너 박스를 T11형 파렛트에 파렛트당 54개(6개×9단)를 적재하고, 저장고에 파렛트를 3단으로 저장하였다고 가정하였으며, 농가에 필요한 박스를 공급하고 고추가 적재된 박스가 회수되는데 걸리는 기간을 7일로 가정하였다.

Table 3-3. 처리능력에 따른 컨테이너 박스 소요량과 소요면적 분석

항 목	수 량
박스 입고량 (ea/day, max)	19,200
박스 회전량 (ea, max)	134,400
창고보관량 (ton, max)	5,190
창고보관박스수량 (ea, max)	346,000
필요창고면적 (m ² , min)	3,489(1058평)
총 박스 소요량 (ea, max)	480,400
공박스 보관면적 (m ² , min)	3,588(1088평)

다. 고추종합처리장의 이동 물동량 분석

Fig. 3-2는 고추종합처리장의 이동물동량을 나타낸 것으로, 입고 검수 공정을 거친 홍고추를 저온저장고에 보관한다. 저온저장고 적재 순서는, 건조기 바로 옆에 위치한 창고 #4, #5 번에 적재가 이루어지고, 다음으로 원격지에 위치한 #2, #3 저온저장고에 적재되어진다. 홍고추의 건조 공정은 #4, #5 창고의 홍고추를 우선적으로 투입하며, 투입이 이루어져 발생한 공간의 여유분은 #2, #3 창고의 홍고추를 #4, #5 창고로 이송하여 적재한다. 홍고추 이송은 T11형 파렛트 위에 30개의 컨테이너 박스를 적재하는 방식으로 파렛트와 박스의 무게를 포함한 1 유니트의 중량

은 약 500 kg 정도로 판단된다. 일 12,000 박스 400 파렛트 분량이 설계된 건조기의 최대 능력을 감안하고, 홍고추의 입고 수량을 감안 하였을 경우, #2, #3 창고에서 #4, #5번 창고로의 이송되는 최대 이송량은 일 400 파렛트, #4, #5 창고로 집하장에서 바로 이송되는 수량은 1,045 파렛트, 집하장에서 #2, #3번 창고로 이송되는 물량은 1,195 파렛트로 계산되었다. 일 12,000 박스 400 파렛트 분량이 설계된 건조기의 최대 능력을 감안하고, 홍고추의 입고 수량을 감안 하였을 경우, #2, #3 창고에서 #4, #5번 창고로의 최대 이송량은 일 400 파렛트, #4, #5 창고로 집하장에서 바로 이송되는 수량은 1,045 파렛트, 집하장에서 #2, #3번 창고로 이송되는 물량은 1,195 파렛트로 계산되었다.

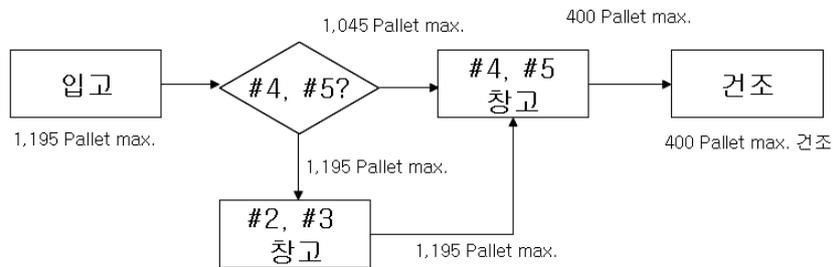


Fig. 3-2 고추종합처리장의 이동물동량

2. 고추종합처리장의 물류공정 설계

가. 고추종합처리장의 물류 공정

Fig. 3-3과 Fig. 3-4는 각각 고추종합처리장의 작업 공정과 물류관리 흐름도를 나타낸 것으로, 물동량 데이터를 기준으로 고추종합처리장의 물류 업무 플로우를 설계하였다.

물류관리는 크게 집하/하차, 계근/정보인식, 분류/저장, 건조기 투입의 네 단계로 계획된다. 집하 하차는 각 생산농가에서 박스에 적재한 홍고추를 고추종합처리장으로 운송하여, 입고장에서 하차하는 과정이다. 가장 많은 인력이 요구되는 과정으로, 생산지역의 농가들의 고령화에 따라 생산지 밖에서 직접 수거해오는 과정이

포함된다. 지방 소로의 열악한 도로 사정을 감안할 때, 대형의 차량 투입은 불가능할 것으로 판단되며, 1톤 정도의 소형 트럭을 이용하여 집하를 하게 된다. 1톤 트럭은 T11형 파렛트의 적재가 불가능하므로, 개별 컨테이너 박스를 인력으로 상차, 고추종합처리장으로 이송한 후, 인력으로 하차하는 작업을 진행하게 된다. 계근 및 정보인식은 하차가 완료된 컨테이너 박스에 담긴 홍고추를 컨베이어 위에서 연속적으로 중량 측정 및 컨테이너 박스의 정보를 인식하게 된다. 각 컨테이너 박스에 담긴 고추의 중량과 인식정보는 입고관리 데이터베이스에 전송된다. 입고가 완료된 홍고추는 소터로 이동하며 박스정보를 인식하게 된다. 고추종합처리장의 전산시스템은 저장된 정보를 입고관리 데이터베이스와 대조, 분류위치를 지정한다. 소터는 전산시스템의 요구에 맞추어 이송되고 있는 플라스틱 상자를 정해진 위치에 분류하고 파렛타이징을 진행한다. 파렛타이징이 완료된 홍고추는 컨베이어를 통하여 각 저장고로 이동한다. 건조 공정에 투입될 홍고추는 작업자에게 지시된 홍고추를 건조기 투입 시스템으로 이송한다. 건조기 투입 시스템은 파렛타이징 된 홍고추를 다시 디파렛타이징하고, 각각의 박스의 정보를 인식하여 현재 건조기에 투입되는 홍고추의 입고, 보관, 건조이력을 갱신한다.

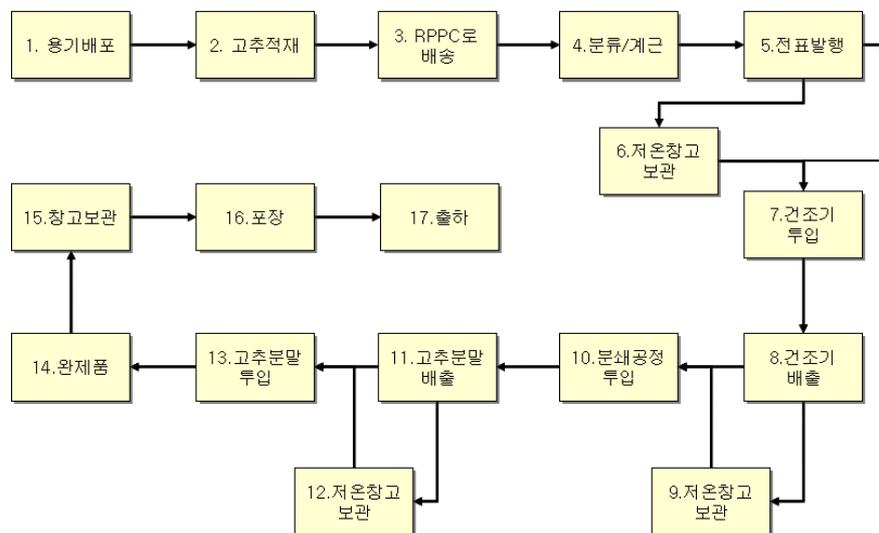


Fig. 3-3 고추종합처리장의 물류공정

정보를 받아, 분류 및 파렛타이징을 완료한다. 고추 컨테이너 박스를 적재한 파렛트에 부착된 RFID 태그 정보를 데이터베이스 상에서 적재된 고추 컨테이너 박스의 정보와 매핑하게 된다. 매핑이 완료된 이후, 파렛트위에 적재된 고추는 컨베이어를 타고 이송되며, 정보시스템에서 지정하는 장소에 도착하면 창고로 입고된다. 입고시에 창고의 출입구에 설치된 RFID 리더기를 통과하며, 창고의 입고가 검사되며, 출고시에도 출고가 검사된다. 건조가 예정된 고추가 적재된 저온저장고의 번호가 정보시스템에 의하여 지정되고, 작업자는 지정된 창고에서 고추를 반출하고, 건조기 투입시스템으로 이송한다. 건조기 투입시스템은 파렛트의 태그를 인식하여 정확한 고추가 투입여부와 품종별 건조량을 계산하게 된다.

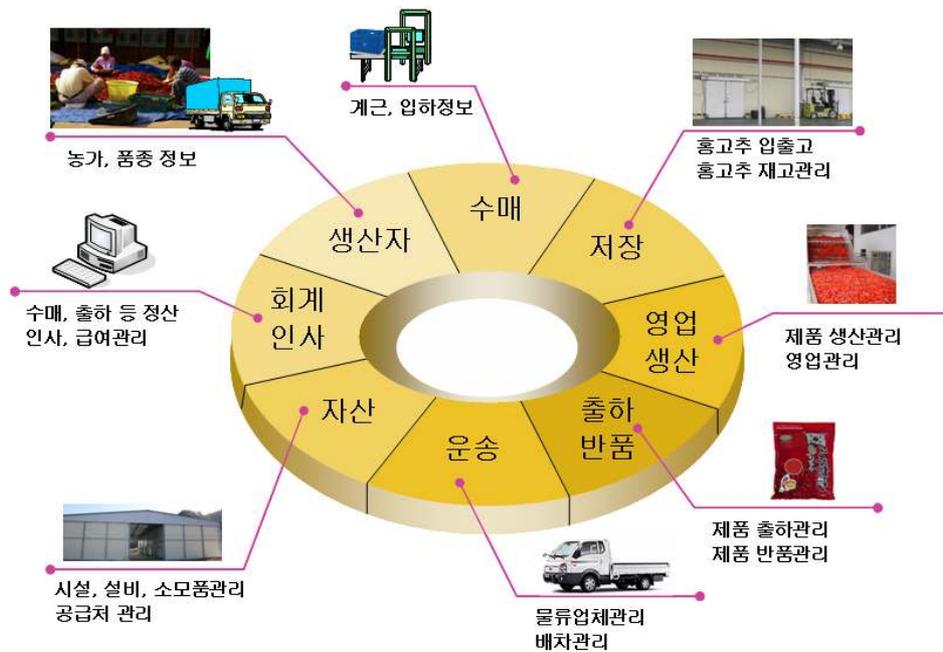


Fig. 3-5 고추종합처리장의 물류관리 시스템 개요

제 2 절 RFID 시작기 개발 및 시스템 설계

1. 게이트형 RFID 시스템 설계

가. 게이트형 RFID 시스템

RFID 시스템은 기본적으로 리더기, 안테나, 태그, 컨트롤러로 구성된다. 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. 3-6). Table 3-4는 시작기의 주요 구성품을 나타낸 것이다.

리더기(IF4, Intermec, U.S.A.)는 EPC Class1 Gen2 & ISO 18000 프로토콜을 사용하였으며, 주파수는 UHF대역의 860 MHz부터 960 MHz까지 사용이 가능하다. 안테나(IA31B, Intermec, U.S.A.)는 6 dBi Gain의 Circular Polarized Antenna로써 한 대의 리더기에 4개의 안테나까지 장착이 가능하다. 시스템의 주파수는 FHSS(frequency hopping spread spectrum)방식으로 관리되며, 주파수 허용편차는 ± 2 ppm이하, 송신 공중선 절대이득은 6 dBi, 점유 주파수 대역폭은 200 kHz이하, Anti-collision 알고리즘은 masking에 의한 방법과 aloha 방법을 사용하고 있다.

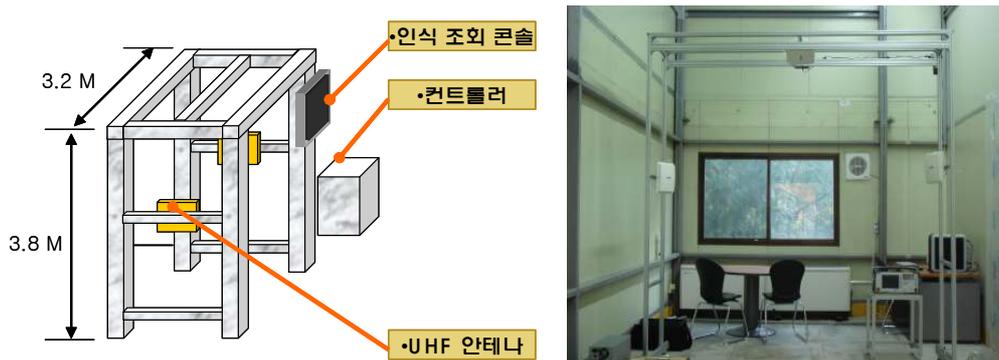
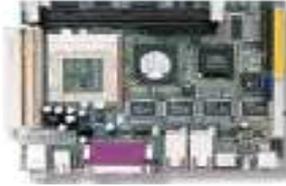


Fig. 3-6 Gate type RFID system

Table 3-4. Specification of gate type RFID system

구 분	내 용																
UHF reader	<ul style="list-style-type: none"> - 적용주파수 : 860-960MHz - 통신프로토콜 : EPC Class1 Gen 2 및 ISO 18000 규격 - 6dBi Gain의 Circular Polarized Antenna 4개/1 Reader - Embedded Controller <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>																
Frame	<ul style="list-style-type: none"> - 알루미늄 재질의 프로파일로 내구성이 강하고 조립/설치가 용이함 - 게이트의 이동성 반영한 구동 바퀴 설치 																
Hand Held	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">형식승인</th> <th style="width: 50%;">형식승인 필</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operating Frequency</td> <td>910~914MHz(FSHH지원대역)</td> </tr> <tr> <td>Air interface Protocol</td> <td>ISO18000-6B 지원</td> </tr> <tr> <td>Power</td> <td>1W EIRP 소출력 지원</td> </tr> <tr> <td>인식거리</td> <td>1.5m 이상(On Air)</td> </tr> <tr> <td>Host Interface</td> <td>RS-232</td> </tr> <tr> <td>PDA 부분</td> <td>바코드 스캐너 동시 지원 Windows Mobile2003지원</td> </tr> <tr> <td>Wireless LAN</td> <td>USB 및 802.11지원 가능</td> </tr> </tbody> </table>	형식승인	형식승인 필	Operating Frequency	910~914MHz(FSHH지원대역)	Air interface Protocol	ISO18000-6B 지원	Power	1W EIRP 소출력 지원	인식거리	1.5m 이상(On Air)	Host Interface	RS-232	PDA 부분	바코드 스캐너 동시 지원 Windows Mobile2003지원	Wireless LAN	USB 및 802.11지원 가능
형식승인	형식승인 필																
Operating Frequency	910~914MHz(FSHH지원대역)																
Air interface Protocol	ISO18000-6B 지원																
Power	1W EIRP 소출력 지원																
인식거리	1.5m 이상(On Air)																
Host Interface	RS-232																
PDA 부분	바코드 스캐너 동시 지원 Windows Mobile2003지원																
Wireless LAN	USB 및 802.11지원 가능																

나. RFID 리더기의 전파출력 분석

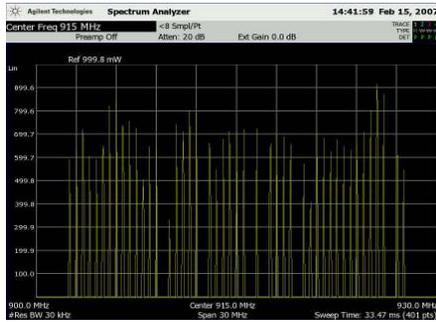
전파출력은 ISO/IEC 18000-6 air interface을 사용할 때 위치별 리더기의 전파출력을 분석하였다. 리더기의 전파출력은 리더기의 안테나가 1개, 2개, 3개, 4개일 때 스펙트럼분석기(N1996A, Agilent, USA)를 이용하여 위치별로 전파세기를 측정하였다. Fig. 3-7은 RFID zone에서 리더기의 전파출력을 측정하는 모습과 실험에 사용된 계측장비를 나타낸 것이다. 태그 응답율은 리더기에서 전파를 출력한 횟수에 대하여 태그가 응답한 횟수를 백분율로 하여 분석하였다.



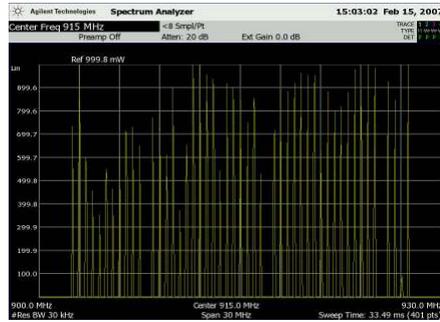
Fig. 3-7 View of test for reader power of gate type RFID system

Fig. 3-8은 안테나 4개일 때 위치별 측정된 수신전파 스펙트럼을 나타낸 것이다. Fig. 3-9와 Fig. 3-10은 수신전력 스펙트럼을 이용하여 RFID 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 상관관계수 r 은 0.665($p=0.009$)로 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 안테나 3개일 때 상관관계수 r 은 0.711($p=0.004$)로 전파출력의 세기와 태그 응답율은 정적인 상관성이 높은

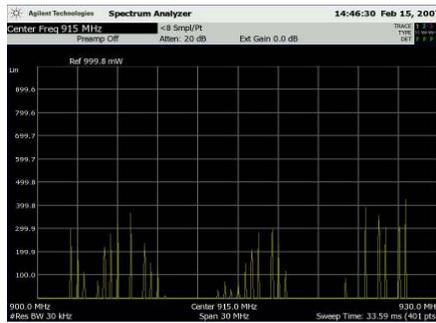
것으로 나타났다. 이와 같은 결과에서 RFID 시스템은 리더기의 출력 전파가 클수록 태그 응답율이 높아진다는 것을 알 수 있다.



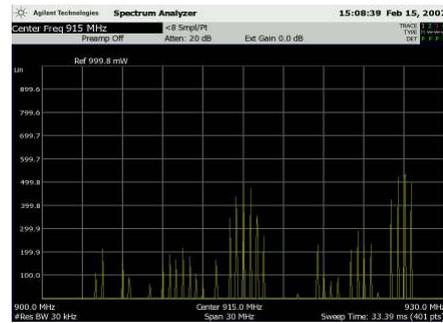
(a) x: 0.75m, y: 1m



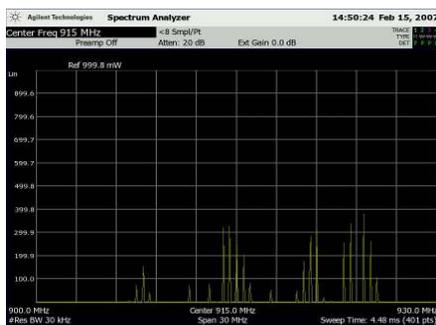
(b) x: 1.5m, y: 1m



(c) x: 0.75m, y: 2m



(d) x: 1.5m, y: 2m



(e) x: 0.75m, y: 3m



(f) x: 1.5m, y: 3m

Fig. 3-8 Receive power spectrum at 4 antennas

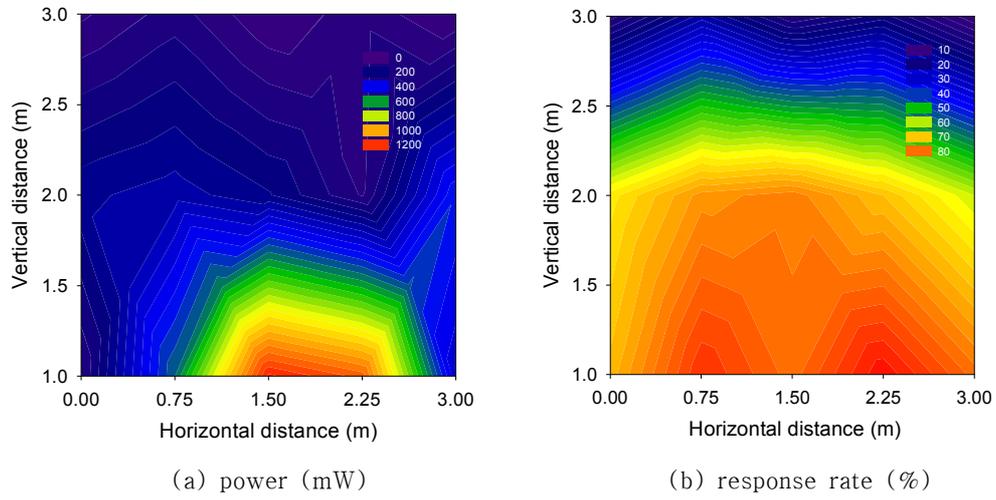


Fig. 3-9 Tag response rate and electric wave power at two antennas

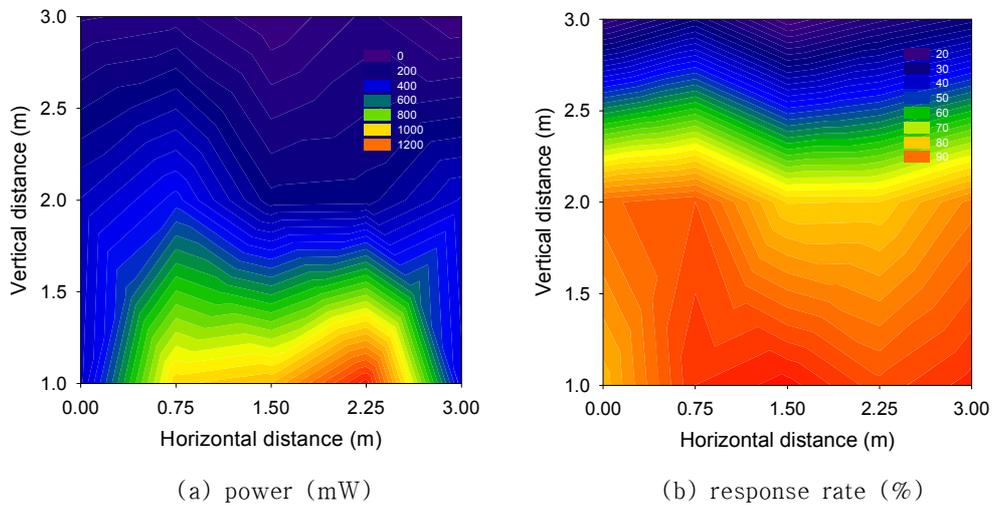


Fig. 3-10 Tag response rate and electric wave power at three antennas

2. 컨베이어형 RFID 시스템 설계

가. 컨베이어형 RFID 시스템

일반적으로 농산물의 경우 입고공정에서 생산자, 품종, 재배이력의 정보와 더불어 입고되는 농산물의 중량이 매우 중요하다. 농산물의 중량은 생산자별로 관리되며 입고 농산물의 정산에 중요한 기준으로 사용되고 있다. 대부분의 농산물과 마찬가지로 고추도 차량 계근대를 사용하여 입고되는 고추의 중량을 차량 단위로 측정하고 있다. 차량 계근대를 사용시 실제 입고되는 농산물과 측정값 사이에 오차가 발생하여 원물관리와 정산하는 과정에서 많은 문제점이 발생하고 있다. 컨베이어형 RFID 시스템은 위와 같은 문제점을 해결하고 품질 및 이력관리가 가능하도록 고추의 입고공정에서 컨테이너 박스 단위로 정확한 중량 데이터와 생산자, 품종, 재배이력의 정보를 동시에 처리하도록 설계하였다. Fig. 3-11은 본 연구에서 설계 제작한 컨베이어형 RFID 시스템으로서 고추의 중량정보와 RFID를 이용하여 농산물의 생산자, 품종, 재배이력 정보를 동시에 처리할 수 있다.



Fig. 3-11 Conveyer type RFID system

Fig. 3-12는 컨베이어형 RFID 시스템의 설계도면으로서 컨베이어형 RFID 시스템은 투입 컨베이어(Fig. 3-12, ①), 중량 측정 컨베이어(Fig. 3-12, ②), 배출 컨베이어(Fig. 3-12, ③)와 RFID 시스템으로 구성되어 있다. 연속으로 투입되는 박스의 위치제어를 위하여 투입 컨베이어와 중량 측정 컨베이어에는 위치센서가 3개 장착되어 있으며, 투입, 중량 측정, 배출 컨베이어는 속도를 각각 제어하도록 되어

있다. 중량 측정 컨베이어 하단에는 중량을 측정하기 위한 로드셀이 장착되어 있으며 Digital Weighing Controller 통하여 RFID 시스템과 데이터를 통신하게 설계하였다. RFID 시스템은 게이트형 RFID 시스템과 동일하게 리더기(INfinity510, Sirit, Canada)는 EPC Class1 Gen2 & ISO 18000 프로토콜을 사용하였다. 주파수는 UHF대역의 860 MHz부터 960 MHz까지 사용이 가능하며, 안테나는 리더기에 4개의 안테나까지 장착이 가능하다. 시스템의 주파수는 FHSS(frequency hopping spread spectrum)방식으로 관리되며, 주파수 허용편차는 ± 2 ppm이하, 송신 공중선 절대이득은 6 dBi, 점유 주파수 대역폭은 200 kHz이하이다.

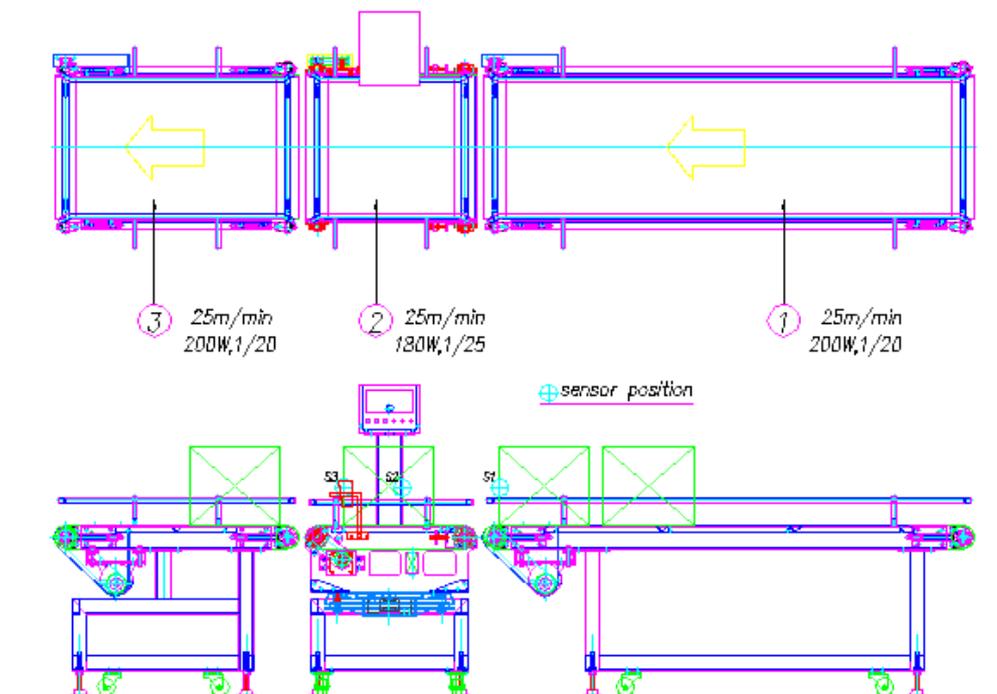


Fig. 3-12 Blueprint of Conveyor type RFID system

나. 전파크기에 따른 태그 인식능력 평가

컨베이어형 RFID 시스템의 전파출력 세기와 안테나 개수에 따른 태그 인식 거리를 분석하였다. 태그는 중량 측정 컨베이어 정중앙을 기준 위치로 정하고 투입구와 배출구 컨베이어 방향으로 각각 10개의 태그를 20cm 간격으로 배치하였다. 안테나가 1개, 2개, 3개, 4개일 때 시스템의 전파출력을 14~30 dBm 범위에서 1 dBm씩 증가시키면서 태그 인식거리를 측정하였다. Fig. 3-13은 컨베이어형 RFID 시스템에서 전파출력세기에 따른 태그 인식 거리를 측정하는 실험모습과 결과화면을 나타낸 것이다.

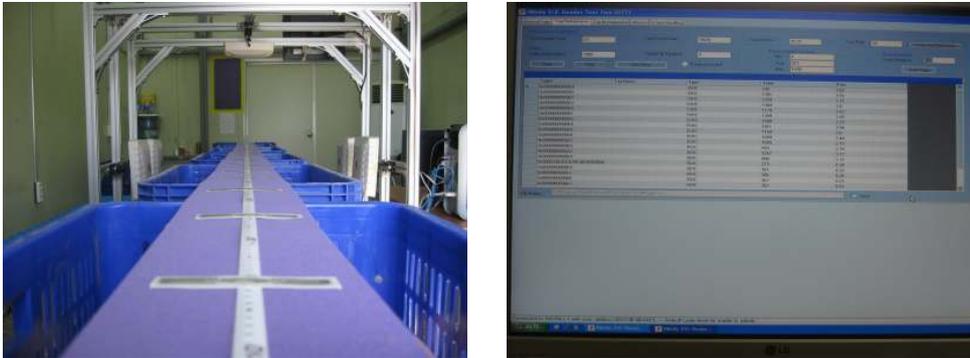


Fig. 3-13 View of test for tag reading distance of C/V type RFID system

Fig. 3-14, 3-15, 3-16, 3-17은 안테나 1개, 2개, 3개, 4개별로 시스템 전파출력 세기에 따른 태그 인식 거리 분석 결과를 나타낸 것이다. 정중앙 태그를 중심으로 기준점 0 m로 설정하고 중심점으로부터 인식거리를 투입구 방향은 (-), 배출구 방향은 (+)로 표시 하였으며, 배출구 방향에 있는 태그보다 투입구 방향에 위치한 태그 인식율이 높은 것으로 나타났으며, 안테나 1개인 경우 리더기 전파출력세기가 24 dBm이상이면 반경 2 m이내의 태그를 100% 인식하는 결과를 나타냈다.

Fig. 3-18은 안테나 개수에 따른 리더기 전파출력 세기별 태그 인식 개수를 나타낸 것이다. 전파 출력 세기가 클수록 태그 인식 개수가 증가하는 것으로 나타났다.

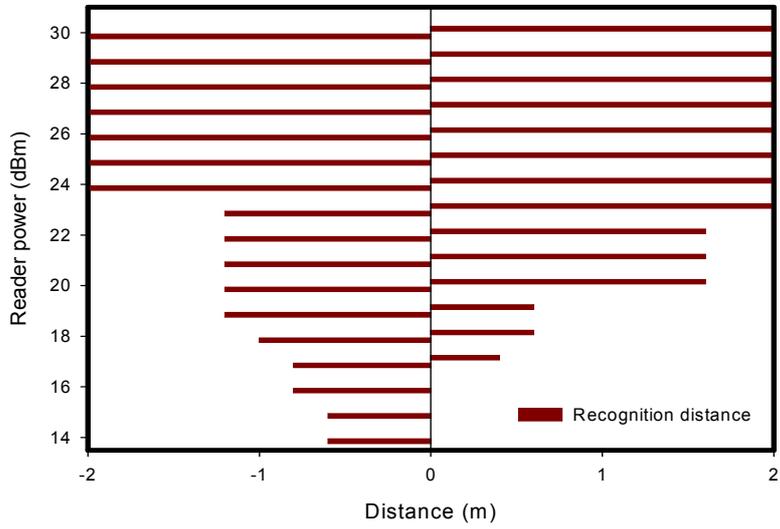


Fig. 3-14 전파출력에 따른 태그 인식거리(안테나1)

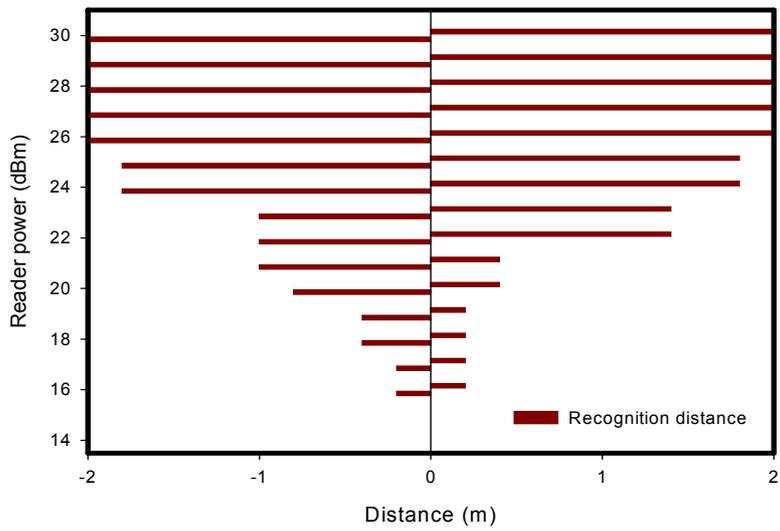


Fig. 3-15 전파출력에 따른 태그 인식거리(안테나2)

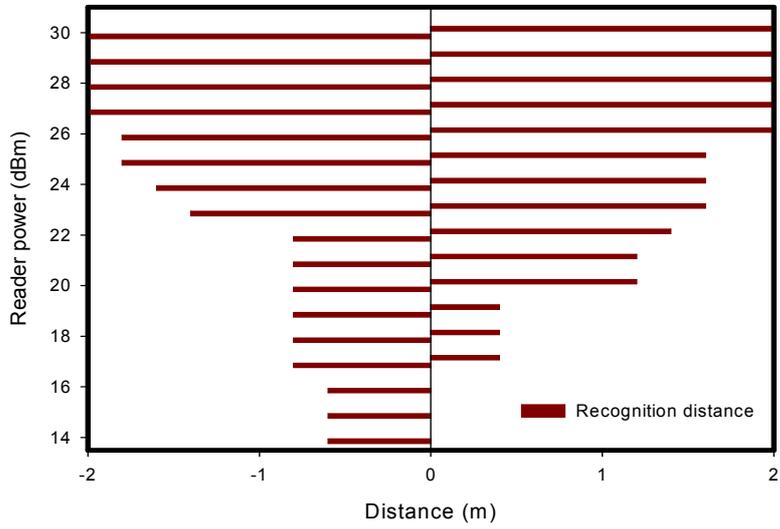


Fig. 3-16 전파출력에 따른 태그 인식거리(안테나3)

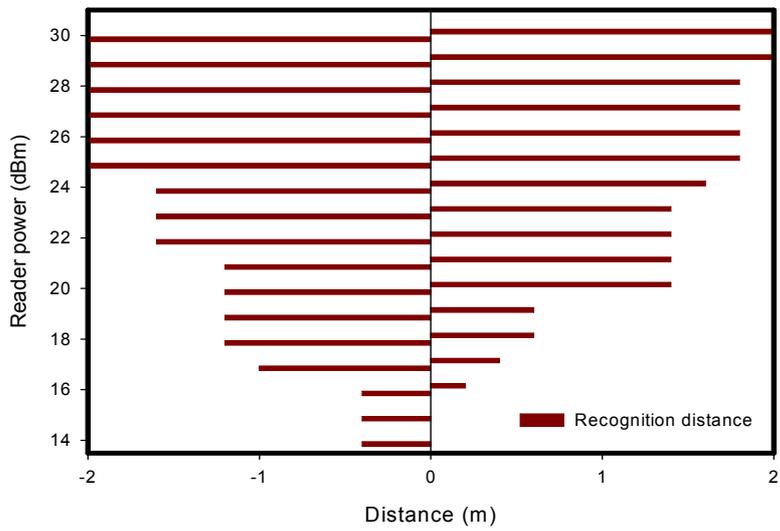


Fig. 3-17 전파출력에 따른 태그 인식거리(안테나4)

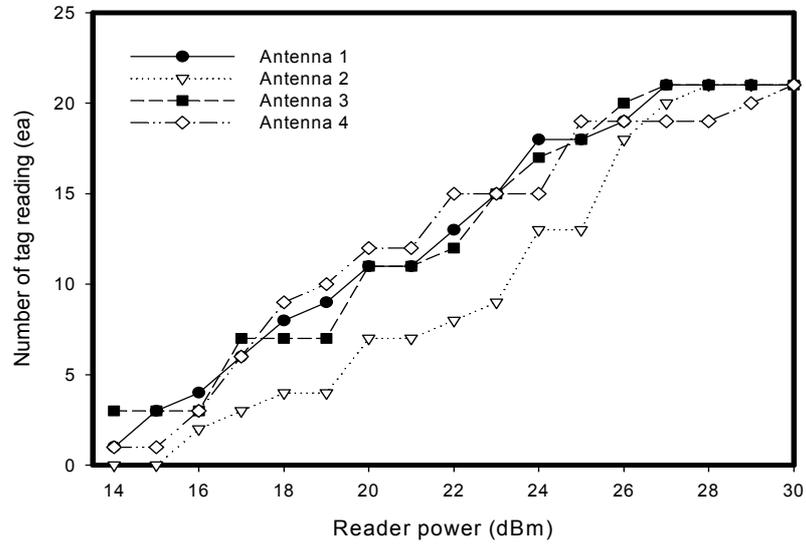


Fig. 3-18 안테나 개수에 따른 리더기 전파출력 세기별 태그 인식 개수

제 3 절 RPPC 적용을 위한 RFID 활용기술 개발

1. RFID 주파수 조사 및 주파수 선정

RFID 국제 표준화 작업은 ISO와 IEC가 공동으로 구선한 JTC1 산하 SC31의 워킹그룹 4(WG4)가 중심으로 RFID의 산업간, 국가간 호환을 위한 주파수, 코드, 통신방법에 대한 표준화 작업이 이루어지고 있다. 그중 주파수와 관련된 air interface을 정의한 것은 ISO 18000 시리즈로서 Table 3-5와 같다.

Table 3-5. ISO 18000 technical standards for Radio Frequency Identification

Related IS	Item management air interface
ISO/IEC 18000-1	Generic parameters - Air interface
ISO/IEC 18000-2	Parameters for air interface below 135 kHz
ISO/IEC 18000-3	Parameters for air interface at 13.56 MHz ·includes Mode 1(15693), Mode 2(PJM), ·includes Mode 3(13,56 physical - Gen 2 logical)
ISO/IEC 18000-4	Parameters for air interface at 2.45 GHz
ISO/IEC 18000-6	Parameters for air interface at 860-960 MHz ·include Type A(BTG) and B(Intermac/Philips) ·include Type C(EPCglobal Gen2)
ISO/IEC 18000-7	Parameters for active air interface at 433.92 MHz

* ISO/IEC Joint technical committee 1(JTC1)/Subcommittee 31(SC31)

RFID에서 사용하고 있는 주파수로는 ISO 18000 시리즈에서 저주파 대역의 125, 134 kHz, 고주파 대역의 13.56 MHz, UHF 대역의 433.92 MHz와 860-960 MHz,

마이크로파 대역의 2.45 GHz가 사용되고 있다. Table 3-6은 RFID 주파수 대역별 특성을 나타낸 것으로 국내는 물론 세계적으로 물류, 유통 및 SCM 분야에 표준으로 적용되고 있는 ISO/IEC 18000-6에서 정의한 860-960 MHz 주파수 대역을 사용하였다.

Table 3-7은 ISO/IEC 18000-6에서 정의한 860-960 MHz 주파수 air interface를 기준 및 이를 기준으로 하여 각 국가에서 제정한 860-960 MHz 주파수 표준을 나타낸 것이다. 국내 RFID 관련 표준화 기구는 기술표준원, 한국 표준협회, 한국유통물류진흥원으로서 ISO/IEC 18000-6과 관련된 국내 리더기의 사용 주파수는 908.5-914.0 MHz로 규정되어있으며, 따라서 RPPC 물류관리시스템에 적용할 리더기의 사용주파수를 908.5-914.0 MHz로 선정하였다.

Table 3-7. RFID UHF 주파수 대역의 표준 및 규정

항목	ISO/IEC	미국	유럽	일본	한국
Reader frequency (MHz)	860-960 local regulation	902-928 (26MHz)	856-868 (3MHz)	950-956 (6MHz)	908.5-914 (5.5MHz)
Tag frequency (MHz)	860-960	860-960	860-960	860-960	860-960
Modulation	ASK	ASK	ASK	-	ASK
Data rate (kbps)	40	40-80	40	-	40
Power (W EIRP)		4	0.16, 0.8, 3.2	-	4
Bandwidth (kHz)	local regulation	250, 500	200	-	200
Freq selection		FHSS	AFA+LBT	-	FHSS, AFA+LBT

2. RPPC 적용 RFID 태그 선정

ISO/IEC 18000-6에는 동작 주파수에 대한 정의뿐만 아니라 동작 채널 정밀도, 대역폭, 최대 EIRP, 확산 시퀀스, 칩 속도, 태그 등을 포함하는 기술적 요소들에 대하여 정의하고 있다. EPCglobal에서는 RFID 태그에 사용되는 정보코드(EPC, Electronic Product Code)에 관하여 ISO와 협력하여 RFID 태그의 표준화 작업을 수행하고 있다. Table 3-8은 ISO와 EPC 표준 태그의 특성을 나타낸 것으로 세계적으로 물류유통 분야는 UHF 대역의 주파수를 사용하며 태그의 경우 EPC Gen2 형식이 일반화되고 있다(Myerson, 2007). 따라서 본 연구에서는 RPPC 물류관리 시스템 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.

3. 태그 인식능력 분석 프로그램 개발

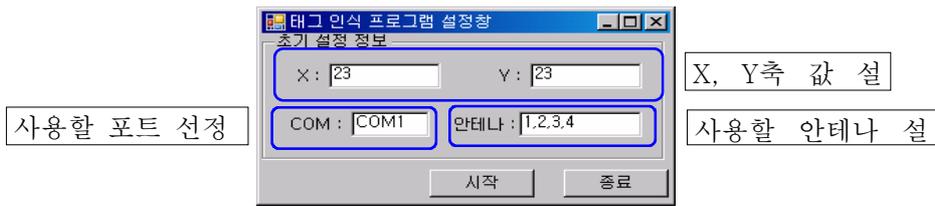
태그의 인식능력 분석 프로그램은 Microsoft .net Framework 2.0, Visual studio.net 을 사용하여 개발하였다. 개발된 태그 인식능력 분석 프로그램은 RFID zone을 23×23으로 구획할 수 있으며, 안테나 수를 설정하고, 태그에 필요한 정보 입력과 태그 인식능력 분석을 수행 할 수 있다. 프로그램은 탭-다운방식의 유저인 터페이스 메뉴로 구성하였으며 태그 정보입력에서는 태그에 필요한 정보를 입력 할 수 있고, 태그 인식실험에서는 23×23으로 구획된 각각의 위치에 태그 인식결과와 태그 인식율, 실험조건 등 인식실험 결과를 분석 할 수 있다. Table 3-9는 개발된 태그 인식능력 분석 프로그램의 주요 개발환경을 나타낸 것이고, Fig. 3-19는 개발된 프로그램의 초기화면, 태그 정보 입력 및 인식 테스트 화면을 나타낸 것이다.

Table 3-8. ISO & EPC 태그 표준 특성

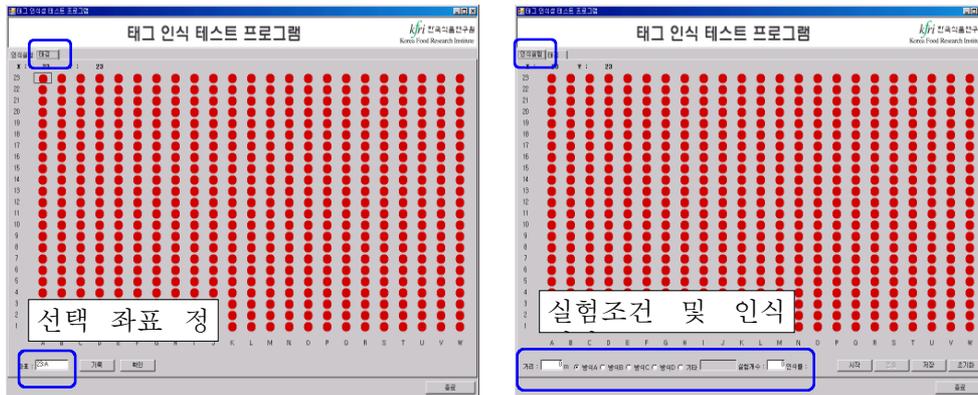
Parameter	Type A	Type B	Class 1	Gen 2
Modulation	Bi-state AM backscatter	Bi-state AM backscatter	ASK & vBPSK	ASK & /or PSK
Data coding	FM0	FM0	PIE	FM0, Miller subcarrier
Tag Unique Identifier	64bits (40bits SUID)	64bits	64bit or 96bit	Reserved +EPC+TID+user(16-496bit)
Bit Rate	40kbps/160kbps	40kbps/160kbps	30kbps/140kbps	40-640kbps
Preamble	16bit	16bit	8bit	1010+violation+1
Error Detection	16bit CRC	16bit CRC	16bit CRC	16bit CRC
Anti-collision	Allha	Binary tree	Binary tree	Slotted random anti-collision

Table 3-9. 태그 인식능력 프로그램 개요

항 목	내 용
개발 플랫폼	Microsoft .net Framework 2.0
개발 도구	Microsoft Visual Studio.net 2005
대상 OS	Windows XP SP2 OR Windows Server 2003 SP1
시스템 사양	CPU : Pentium 4급 이상, RAM : 512MB 이상 Framework : .net Framework 2.x 버전 이상
요구 장비	Intermec IF4 (Firmware 3.29 이상)
태그 프로토콜	EPC Class 1 Gen 2 Only



(a) 초기 환경설정 화면



(b) 태그 정보 입력 및 인식 테스트 화면

Fig. 3-19 태그 인식능력 분석 프로그램

4. RFID 시스템 태그 인식능력

태그의 인식능력은 게이트형 RFID 시스템으로부터 폭 3 m, 길이 6 m의 RFID test zone을 설정하여 시스템의 안테나가 1개, 2개, 3개, 4개의 경우에 태그의 위치, 거리, 방향에 따른 인식율을 분석하였다. RFID test zone의 온도는 평균 18.2 °C, 상대습도 25.2 %이었다. 태그 인식율은 test zone에 위치한 총 태그 수에 대하여 시스템에서 태그 정보를 인식한 태그의 수를 백분율로 나타낸 것이다.

태그의 위치, 거리, 방향에 따른 인식능력을 분석하기 위하여 폭 3 m, 높이 3.5 m의 아크릴판에 고유 ID가 부여된 태그를 10 cm 간격으로 부착하여 실험에 사용하였으며, 아크릴판에 부착된 태그는 한 줄에 12개, 23줄로 총 276개의 태그가 부착되었다. 태그의 위치와 거리에 따른 인식실험은 폭 3 m, 길이 6 m의 RFID test zone에서 1 m 간격으로 수행되었으며, 방향에 따른 인식실험은 안테나와 태그가 마주보는 정방향의 경우와 안테나와 태그의 방향이 교차하는 측방향의 경우로 각 위치별 태그의 인식율을 분석하였다. 이때 각 태그에는 각 위치별 정보가 입력되어 있다(Fig. 3-20). 실험결과는 분산분석(ANOVA)을 통하여 처리구별로 유의적인 차이를 분석하였으며, 각 집단끼리의 평균치 차이는 다중비교방법(multiple comparison)인 Ducan 방법 사용하였다. 실험결과의 통계분석은 통계프로그램인 SAS 6.11을 이용하였다.



(a) front

(b) side

Fig. 3-20 View of test for tag reading performance.

가. 정방향 위치일 때 태그 인식능력

안테나와 태그가 마주보는 정방향일 때 안테나 개수별 거리에 따른 태그 인식율 분석 결과, 안테나 수가 많을수록 인식율은 높게 나타나는 경향이 나타났으며, 모든 거리에서 안테나가 4개일 때 인식율이 높은 것으로 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, 4개일 때 집단간 유의적인 차이가 없이 인식율이 좋은 것으로 나타났다(Table 3-10).

Table 3-10. Tag reading rate according to distance at the front

Antenna (ea)	Distance (m)						
	0	1	2	3	4	5	6
1	34.7±4.7 ^{c1)}	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.

정방향에서 거리별 안테나 개수에 따른 태그 인식율 측정 결과, 거리가 안테나로부터 1~2 m 떨어졌을 때 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 2, 3, 4의 경우에는 안테나로부터 1 m거리일 때 인식율이 가장 좋은 것으로 나타났으며, 이때 인식율은 각각 66.8, 69.3, 72.9 % 이었다(Table

3-11).

Table. 3-11. Tag reading rate according to the number of antennas at the front

Distance (m)	Antenna1	Antenna2	Antenna3	Antenna4
0	34.7±4.7 ^c	58.3±2.4 ^c	63.4±2.2 ^d	69.9±1.8 ^{ab}
1	49.6±2.0 ^a	66.8±0.9 ^a	69.3±0.4 ^a	72.0±1.2 ^a
2	48.7±3.8 ^a	64.9±0.0 ^{ab}	67.6±2.4 ^{abc}	71.0±0.7 ^{ab}
3	43.5±3.1 ^b	63.3±0.9 ^b	67.9±0.6 ^{ab}	68.8±1.7 ^{bcd}
4	37.6±2.6 ^c	63.0±1.0 ^b	63.0±1.1 ^d	66.9±0.2 ^{cd}
5	33.9±1.5 ^c	56.8±1.2 ^c	65.6±0.6 ^{bcd}	69.1±0.6 ^{bc}
6	34.8±1.6 ^c	56.2±1.7 ^c	64.1±3.7 ^{cd}	66.4±2.1 ^d

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.

나. 측방향 위치일 때 태그 인식능력

Table 3-12는 측방향에서 위치별 안테나 1개에 따른 태그 인식율 결과를 나타낸 것으로, 안테나로부터 태그가 0, 1 m에서는 중간위치에서 태그 인식율이 높았으며, 거리 2, 5 m에서는 위치별로 유의적인 차이가 나타나지 않았고, 거리 3, 4 m에서는 태그의 위치가 오른쪽, 왼쪽에서 인식율이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 RFID 리더기의 전파출력 분석 결과에서 RFID zone에서 리더기의 출력전파 세기는 방사선 형태를 나타내고 있다는 결과와 일치하는 것으로, 안테나 근처에서는 중심위치에서 인식율이 높게 나타났으나 안테나로부터 멀어질수록 오른쪽, 왼쪽, 중심 위치의 인식율 차이는 줄어드는 것으로 나타났다. Table 3-13, 3-14, 3-15는 측방향에서 안테나 2개, 3개, 4개일 때 위치별 태그 인식율 분석결과를 나타낸 것이다.

Table 3–12. Tag reading rate of one antenna according to location at the side

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 3–13. Tag reading rate of two antenna according to location at the side

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 3-14. Tag reading rate of three antenna according to location at the side

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 3-15. Tag reading rate of four antennas according to location at the side

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.

5. 컨테이너 박스의 태그 및 박스 인식능력

컨테이너 박스(FN533, KCP)를 물류유통 표준 파렛트(NF11, KPP)에 적재하여 이동시 컨테이너박스에 부착된 태그정보의 인식율을 분석하였다(Fig. 3-21). 파렛트에는 6개/단×5단 30개의 컨테이너 박스가 적재되었고, 각각의 컨테이너박스에는 전후좌우 4면에 정보를 입력한 태그를 부착하였다(Fig. 3-22). 안테나 1, 2, 3, 4개 일 때 RFID 포탈게이트의 거리별로 태그 인식율 및 30개의 컨테이너 박스에 전후 좌우에 부착된 태그의 위치별 인식능력을 분석하였다.

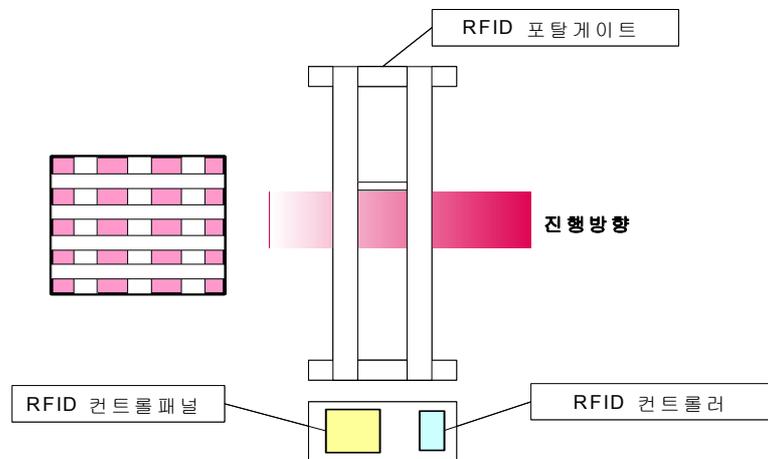


Fig. 3-21 RFID 시스템 컨테이너 박스 적용실험

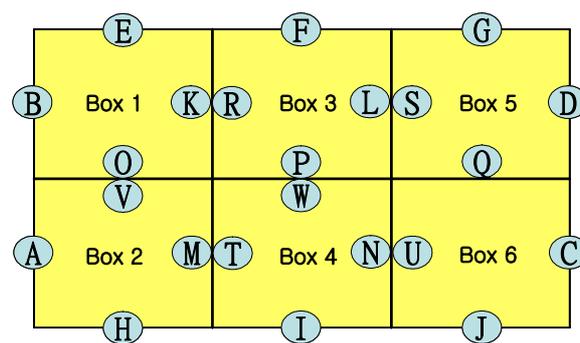
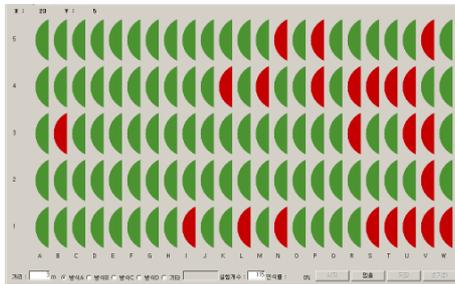


Fig. 3-22 컨테이너박스 태그부착 위치

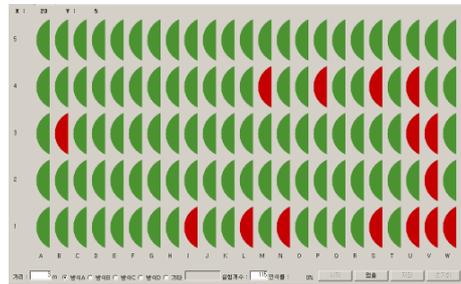
Table 3-16은 안테나 3개일 때 빈 박스의 시간에 따른 태그 인식율을 나타낸 것으로 각 위치에서 시간이 증가함에 따라 인식율이 증가함을 알 수 있다. Fig. 3-23은 RFID 안테나 4개일 때 3 m의 위치에서 시간에 따른 태그 위치별 인식 결과로써 시간에 따라 파렛트에 적재된 박스 위치와 부착된 태그의 위치별 인식 결과를 나타내고 있다. 30초의 경우 2개 이상 태그를 인식하지 못한 태그 위치는 N, P, R, S, T, U, V, W로 파렛트 안쪽에 위치하고 있으며, 이는 인식초기 collision이 발생하여 나타난 것으로 판단되며 인식시간이 증가하면서 Anti-collision 알고리즘이 작동되어 인식율이 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 안테나 1, 2, 3 개에서도 동일하게 나타났다. 또한 실험결과에서 상대적으로 파렛트 외곽에 위치한 태그의 인식율이 높게 나타나 실제 적용시 각각의 컨테이너 박스에 태그 부착시 태그 위치를 파렛트 외곽 방향에 위치하도록 적재하는 것이 태그 인식율을 향상시킬 것으로 판단되었다.

Table 3-16. 빈 박스의 시간에 따른 태그 인식율

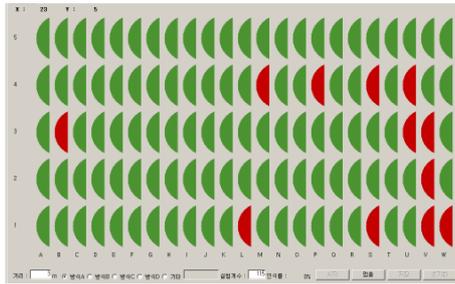
Distance (m)	Reading Rate (%)									
	30s	60s	90s	120s	150s	180s	210s	240s	270s	300s
0	94.8	98.3	98.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
1	93.9	98.3	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	85.2	95.7	97.4	97.4	97.4	98.3	98.3	98.3	98.3	98.3
3	80.0	87.0	89.6	93.0	95.7	96.5	96.5	98.3	98.3	98.3
4	79.1	88.7	92.2	92.2	93.9	93.9	94.8	96.5	97.4	99.1
5	79.1	88.7	93.9	94.8	95.7	95.7	95.7	96.5	96.5	97.4



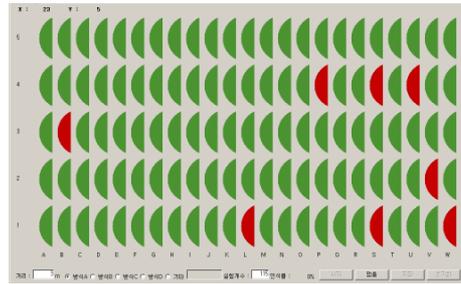
(a) 30 sec



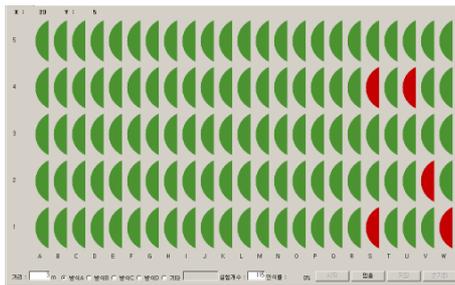
(b) 60 sec



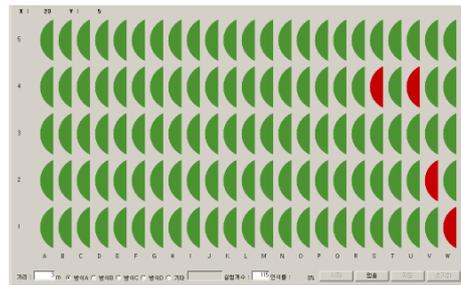
(c) 90 sec



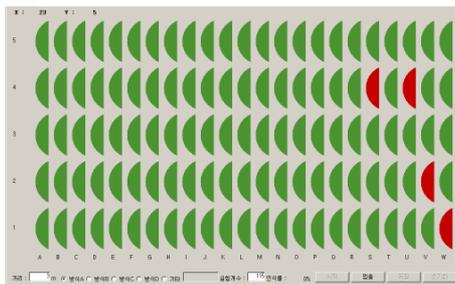
(d) 120 sec



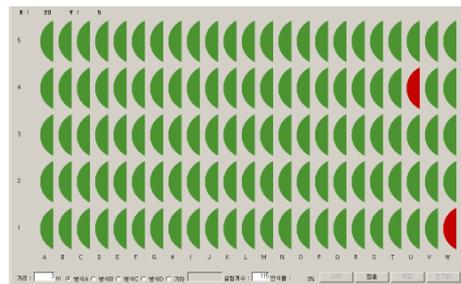
(e) 150 sec



(f) 180 sec



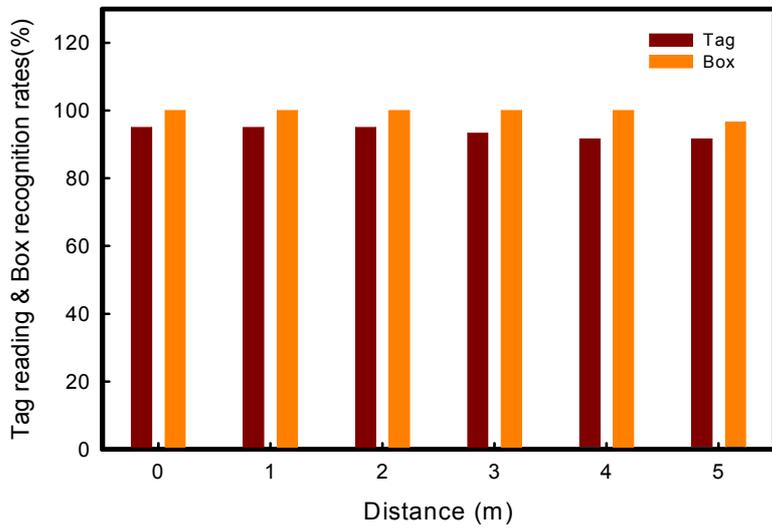
(g) 210 sec



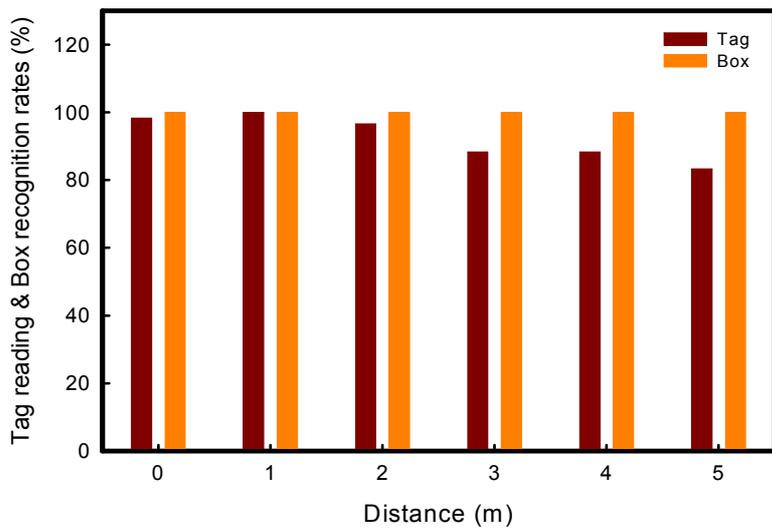
(h) 240 sec

Fig. 3-23 시간에 따른 태그 위치별 인식 결과(안테나 4개, 거리 3m)

안테나 3개일 때 태그를 박스 앞면과 옆면, 양 옆면에 부착했을 때 실험결과 (Fig. 3-24), 박스 앞면과 옆면에 부착한 경우에는 안테나로부터 거리 0, 1, 2, 3, 4, 5 m에서 태그 인식율이 각각 95.0, 95.0, 95.0, 93.3, 91.7, 91.7%로 나타났으며, 박스 인식율은 1~4 m에서는 100%, 5 m에서는 96.7%로 나타났다. 박스 양 옆면에 부착한 경우 안테나로부터 거리 1, 2, 3, 4, 5 m에서 태그 인식율은 88.3~100%로 나타났으며, 박스 인식율은 모두 100%로 나타났다. 위의 결과에서 태그 및 박스 인식율 모두 시스템의 안테나 위치와 근접할수록 인식율은 높게 나타났다. 또한 양 옆면에 태그를 부착한 경우 태그 인식율이 박스 앞면과 옆면에 부착한 경우보다 낮은 것은 박스 적재시 정보가 다른 태그가 인접한 위치에 놓이므로 데이터 충돌(data collision)에 기인한 것으로 판단되며(김 등, 2006), 안테나 1, 2, 4개에서도 동일한 경향이 나타났다. Fig. 3-25는 안테나로부터 거리가 3 m에서 안테나 3, 4개일 때 박스 적재 단수별 태그와 박스의 인식율을 나타낸 것으로, 박스 인식율에서는 차이가 없었고, 태그 인식율에서는 안테나 4개의 경우가 3개의 경우보다 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 Kim 등(2008)이 발표한 게이트형 RFID 시스템에서 동일한 거리에서 안테나 수가 많을수록 리더기의 전파출력과 태그 응답율이 높아진다는 결과와 일치하였다.

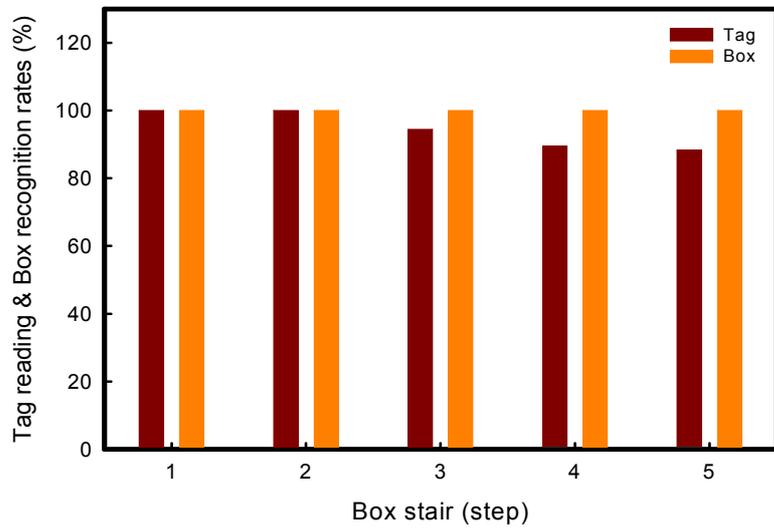


(a) tagging: the front and side of boxes

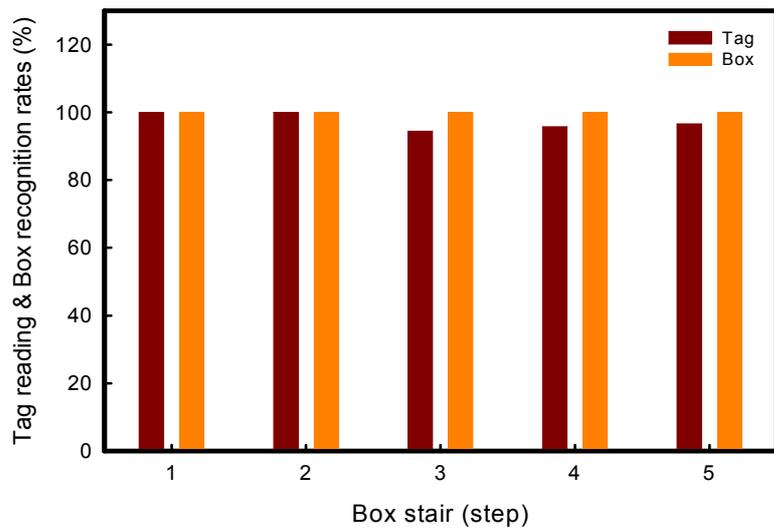


(b) tagging: the both sides of boxes

Fig. 3-24 Tags and boxes reading rate with 3 antennas according to the distance



(a) 3 antennas



(b) 4 antennas

Fig. 3-25 Reading rate with 3 meters distance according to the box stairs

6. 게이트형 RFID 시스템 고추 실증 실험

태그 및 박스의 인식능력은 고추의 물류에 사용되는 컨테이너 박스(FN533, KCP)를 물류유통 표준 파렛트(NF11, KPP)에 적재하여 이동시 컨테이너박스에 부착된 태그정보의 인식율을 분석하였다. 실험은 빈 컨테이너 박스와 고추를 적재한 컨테이너 박스로 구분하여 파렛트에 1단에 6개씩 1단에서 5단까지 컨테이너 박스를 파렛트에 적재하여 안테나 1개, 2개, 3개, 4개 일 때 파렛트 이동시 각각 거리별 태그 및 박스 인식율을 분석하였다(Fig. 3-26). 이때 각각의 컨테이너 박스에는 부착위치와 박스의 정보가 입력된 UHF 대역 class1 Gen2 태그를 박스의 앞면과 옆면, 양 옆면에 부착하였으며, 실험에 사용된 고추는 영양군에서 수확된 것으로 수분 76.5%, 당도 23 °brix이었다.

태그 인식율은 각 컨테이너 박스에 부착된 태그 중 시스템에서 태그 정보를 인식한 태그 수를 총 태그 수로 나누어 백분율로 나타내었다. 박스 인식율은 파렛트에 적재된 컨테이너 박스 중 시스템에서 컨테이너 박스 정보를 인식한 수를 총 컨테이너 박스 수로 나누어 백분율로 나타내었으며, 이때 입력정보가 저장되어 박스에 부착된 태그 중 1개 이상이 시스템과 통신되어 박스 정보를 시스템이 인식하면 박스 정보가 인식된 것으로 하였다. 시스템의 인식율 분석에는 Microsoft .net Framework 2.0, Visual studio .net을 이용하여 개발한 인식능력 분석 프로그램을 사용하였다. 안테나 수와 위치에 따른 결과는 T-test와 분산분석(ANOVA)을 통하여 처리구별로 유의적인 차이를 분석하였으며, 각 집단끼리의 평균치 차이는 다중비교방법(multiple comparison)인 Ducan 방법을 사용하였다. 실험결과의 통계 분석은 통계프로그램인 SAS 6.11을 이용하였다.



(a) 컨테이너 박스 1단



(b) 컨테이너 박스 2단



(c) 컨테이너 박스 3단



(d) 컨테이너 박스 4단



(e) 컨테이너 박스 5단



(f) 인식실험 전경

Fig. 3-26 고추 컨테이너 박스 인식 실험

가. 안테나 개수와 태그 부착위치에 따른 인식성능

Table 3-17은 태그를 고추 컨테이너 박스의 앞면과 옆면에 부착한 경우 태그 및 박스의 인식율을 분석한 결과로써, 안테나 개수에 따른 태그와 박스 인식율은 태그를 박스의 앞과 옆면에 부착했을 때 안테나 1개, 2개, 3개, 4개에서 태그 인식율은 각각 30.0, 68.9, 71.7, 72.8%, 박스 인식율은 각각 44.5, 95.6, 95.6, 97.8%로 나타났다. 안테나 수에 따른 인식율은 다중비교방법인 Duncan 방법 결과, 안테나 2개 이상일 경우에는 태그 및 박스 인식율의 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 안테나 4개일 때 태그 및 박스 인식율이 각각 72.78%, 97.78%로 인식율이 가장 높게 나타났다.

Table 3-17. 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 ^{b1)}	44.45±3.85 ^b
2	68.89±1.92 ^a	95.56±1.93 ^a
3	71.67±1.67 ^a	95.56±1.93 ^a
4	72.78±3.47 ^a	97.78±1.92 ^a

¹⁾ 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 3-18은 태그를 컨테이너 박스의 양옆면에 부착한 경우 태그 및 박스의 인식율을 분석한 결과로서, 안테나 1개, 2개, 3개, 4개일 때 태그 인식율은 15.0~53.9%, 박스 인식율은 23.3~96.7%로 나타났다. 안테나 수에 따른 인식율은 다중비교방법인 Duncan 방법 결과, 태그 인식율의 경우에는 안테나 4개인 경우 인식율이 가장 높으며 안테나 1, 2, 3개일 때와 통계적으로 유의적인 차이가 나타났다. 박스 인식율은 안테나 2개, 3개, 4개의 경우 안테나 수에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

Table 3-18. Tags reading and boxes recognition rate according to the number of antennas (tagging: the both sides of boxes)

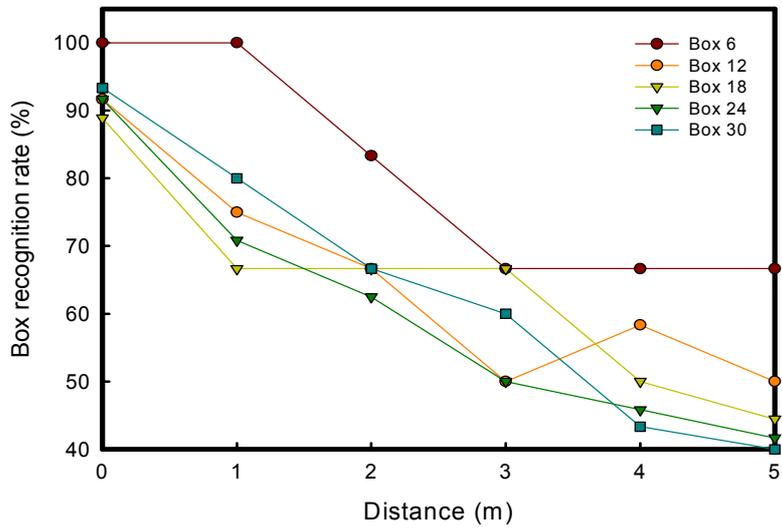
Number of Antenna	Tag reading rate (%)	Box recognition rate (%)
1	14.99±2.89 ^{c1)}	23.33±5.77 ^b
2	46.66±1.67 ^b	92.22±1.92 ^a
3	46.67±0.00 ^b	93.33±0.00 ^a
4	53.89±0.96 ^a	96.67±0.00 ^a

¹⁾ 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.

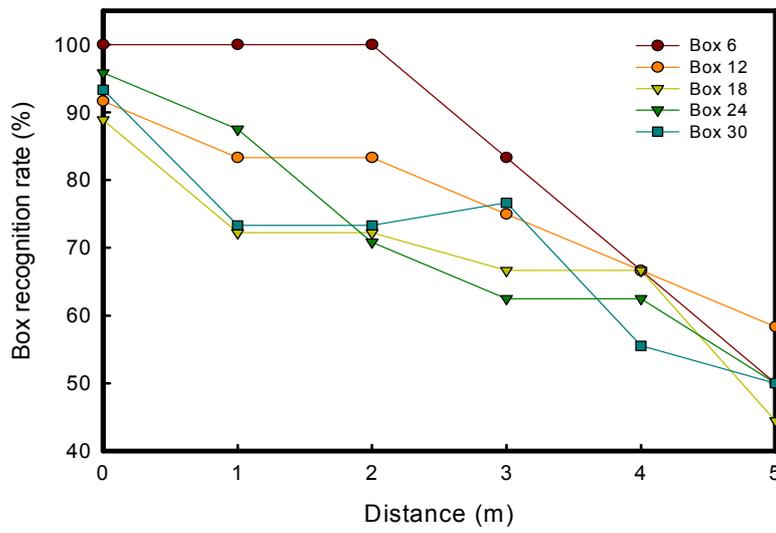
태그 부착위치에 따른 인식능력 분석 결과에서는 인식능력이 가장 좋은 것으로 나타난 안테나 4개일 때 태그와 박스 인식율은 태그를 박스 앞, 옆면에 부착한 경우 각각 72.8, 97.8%, 태그를 박스 양옆면에 부착한 경우 각각 53.9, 96.7%로 나타났다. 박스 앞, 옆면과 양옆면의 태그 부착위치에 따른 인식율의 T-test 결과 태그 인식율은 태그를 앞, 옆면에 부착한 경우가 양옆면에 부착한 경우보다 유의적으로 인식능력이 좋은 것으로 나타났으며, 박스 인식율의 경우에는 태그를 앞, 옆면에 부착한 경우와 양옆면에 부착한 경우에 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

나. 박스 적재량에 따른 박스 인식율

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. Fig. 3-27은 파렛트 위에 적재된 박스 수에 따른 거리별 박스 인식율을 나타낸 것으로 안테나 3개의 경우, 안테나로부터 4 m에서 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 경향이 나타났으며, 이와 같은 결과는 안테나 1, 2, 4개일 경우에도 동일하게 나타났다.



(a) 3 antennas



(b) 4 antennas

Fig. 3-27 Box reading rate according to the number of boxes

다. 안테나로부터 거리와 측정시간에 따른 인식능력

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. 3-28). 이는 안테나로부터 거리가 멀어질수록 박스 인식율은 저하되며, 또한 안테나 4개일 경우가 안테나 3개의 경우보다 인식능력이 좋은 것으로 나타났다.

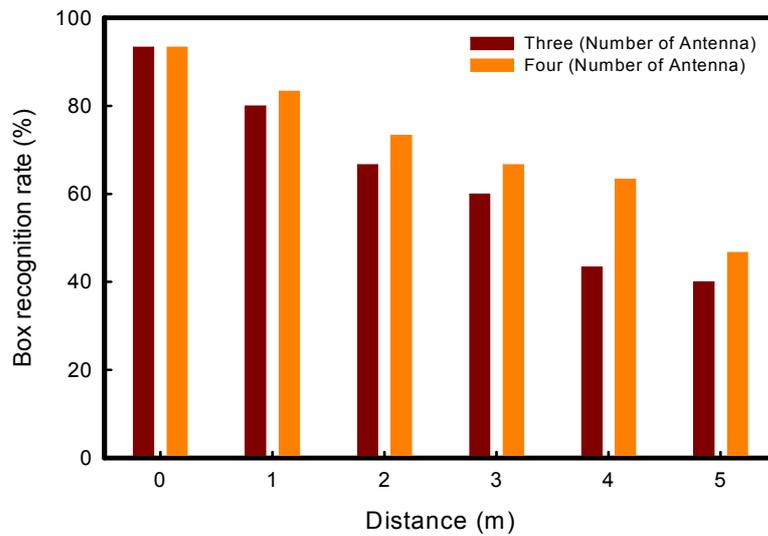


Fig. 3-28 Box reading rate according to the distance to antennas

또한 안테나 3개인 경우 측정시간에 따른 박스 인식율 결과, 안테나로부터 0, 1, 2, 3, 4, 5 m 거리에서 박스 인식율은 15초의 경우 각각 90.0, 66.7, 56.7, 50.0, 43.3, 36.7%, 30초의 경우 각각 93.3, 80.0, 66.7, 60.0, 43.3, 40.0%로 나타나 측정시간이 길어지면 인식율이 높아지는 경향이 나타났다(Fig. 3-29).

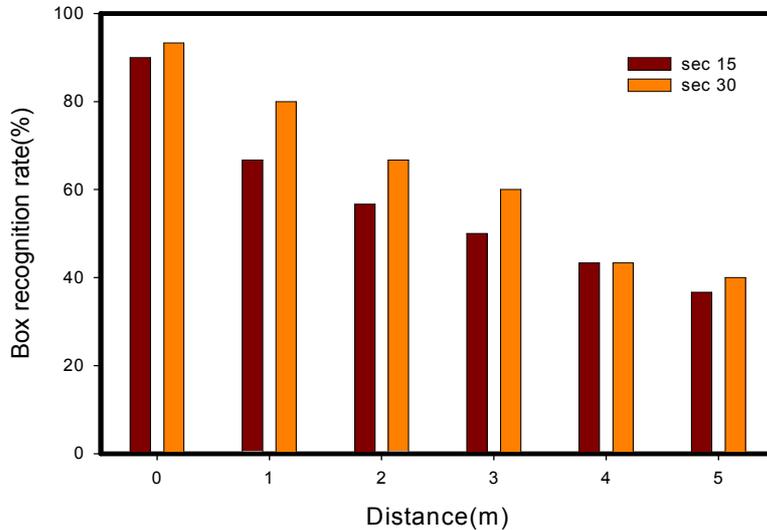


Fig. 3-29 Box reading rate according to measuring time

Table 3-19는 UHF 대역의 게이트형 RFID 시스템에서 박스와 태그 인식율이 가장 좋은 결과를 나타낸 안테나 4개, 고추 컨테이너 박스 앞면과 옆면에 태그를 부착하였을 때 시스템 안테나로부터 전방 5 m에서 파렛트가 시스템 게이트를 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. 고추종합처리장에서 이력추적관리 및 원물의 정확한 정산을 위해서는 입고 공정에서 생산자의 정보가 입력되어있는 모든 박스의 정보인식이 필수적이다. 따라서 본 실험에서 사용한 UHF 대역의 게이트형 RFID 시스템을 고추종합처리장의 입고관리 시스템으로 사용하기 위해서는 이동형 리더기를 보완적으로 사용하거나 향후 원물 입고시 모든 박스의 정보인식이 가능한 다른 형태의 RFID 시스템에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Table 3-19. 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 ¹⁾	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

¹⁾ Average±S.D. (N=5)

7. 컨베이어형 RFID 시스템 고추 실증 실험

태그 및 박스의 인식능력은 고추의 물류에 사용되는 컨테이너 박스(FN533, KCP)를 시스템 투입부에 20개 컨테이너 박스를 연속으로 투입하여 컨베이어형 RFID 시스템에서 박스의 중량 정보와 박스에 부착된 태그정보의 인식율을 분석하였다. 인식율은 총 투입된 박스 개수에 대하여 태그에 저장된 생산자, 품종, 이력 정보의 인식과 중량 측정 정보가 시스템에 인식된 박스의 개수의 비로 분석하였으며, 이때 각각의 컨테이너 박스에는 부착위치와 박스 정보가 입력된 UHF 대역 class1 Gen2태그를 박스의 측면에 부착하였다.

Fig. 3-30은 컨베이어형 RFID 시스템에서 고추를 대상으로 인식능력을 평가하는 모습을 나타낸 것으로 컨테이너 박스가 시스템에 투입되는 방향과 안테나의 방향에 따른 인식능력을 평가하였으며, 이때 태그, 안테나 수, 시스템의 전파출력은 컨베이어형 RFID 시스템의 전파크기에 따른 태그 인식능력 평가 결과(3장 2절)를 토대로 태그는 컨테이너 박스 측면에 1개, 전파출력 세기는 18 dBm으로 결정하였다. 안테나 각도에 따른 인식율의 평균치 차이 분석은 통계프로그램인 SAS 6.11을 이용하여 다중비교방법(multiple comparison)인 Ducan 방법을 사용하였다.



(a) 종방향 실험



(b) 횡방향 실험



(c) 인식결과



(d) 태그

Fig. 3-30 컨베이어형 RFID 시스템 고추 적용 실험

가. 안테나 개수와 박스의 투입방향 따른 인식성능

Table 3-20은 컨베이어형 RFID 시스템에서 고추가 적재된 컨테이너 박스의 안테나 개수와 박스의 투입방향 따른 인식성능 결과를 나타낸 것으로, 박스 투입 방향은 컨테이너 박스의 장축을 측면으로 단축을 정면으로 투입했을 때를 종방향, 반대의 경우를 횡방향으로 하여 태그는 고추 컨테이너 박스 측면에 1개 부착하였다. 횡방향의 경우 안테나 1개, 2개, 3개, 4개일 때 인식율은 65.0, 98.3, 96.7, 98.3%로 나타났으며, 안테나 수에 따른 인식율은 다중비교방법인 Duncan 방법 결과, 안테나 2개 이상일 경우에는 태그 및 박스 인식율의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 컨테이너 박스를 횡방향으로 투입한 경우에도 동일

하게 나타났다. 안테나 1개일 경우 인식율이 급격히 떨어지는 경우는 컨테이너 박스에 태그를 1개 부착하였기 때문에 컨베이어 통과시 박스에 부착된 태그가 안테나 반대쪽에 위치한 경우 인식성능이 떨어지기 때문이다. 이상의 결과에서 RPPC에서 컨베이어형 RFID 시스템에 고추가 적재된 컨테이너 박스의 중량과 태그 정보를 처리하기 위해서는 RFID 시스템에 안테나 2개를 사용하면 될 것으로 판단되었다.

컨테이너 박스의 투입방향에 따른 컨베이어형 RFID 시스템의 인식성능은 안테나 2개인 경우 20개 박스를 투입하여 반복실험한 결과 종방향의 경우 인식율이 100, 100, 95%, 횡방향의 경우 3번 모두 100%의 인식성능을 보여 횡방향으로 컨테이너 박스를 투입시 인식성능이 종방향으로 투입시 보다 좋은 것으로 나타났으며 이러한 경향은 안테나가 3, 4개일 경우에도 같은 경향이 나타났다.

Table 3-20. 안테나 개수와 박스의 투입방향 따른 인식율

Number of Antenna	박스투입방향	
	종방향	횡방향
1	65.0±8.7 ^{b1)}	60.0±10.0 ^b
2	98.3.0±2.9 ^b	100.0±0.0 ^a
3	96.7±2.9 ^a	100.0±0.0 ^a
4	98.3±2.9 ^a	100.0±0.0 ^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.

나. 안테나 각도에 따른 인식성능

Table 3-21은 컨베이어형 RFID 시스템에서 안테나는 2개를 사용할 때 안테나 각도가 -45°, 0°, +45°의 경우에 시스템의 인식성능 결과를 나타낸 것으로, 안테나 각도 -45°는 컨테이너 박스 투입구 방향으로 안테나가 45° 돌려서 위치한 경우,

0°는 박스의 진행방향과 수직인 경우, +45°는 컨테이너 박스 배출구 방향으로 안테나가 45° 돌려서 위치한 경우이다. 컨테이너 박스가 횡방향으로 투입된 경우에는 안테나 각도와 상관없이 모두 100%의 인식율을 나타냈으며, 박스 투입방향이 종방향인 경우에는 안테나 각도가 -25°, 0°, +45°일 때 인식율은 각각 61.7, 97.8, 73.3%로 안테나가 박스의 진행방향과 수직으로 위치한 경우가 인식성능이 가장 좋은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 컨베이어형 RFID 시스템의 경우 박스의 중량정보와 태그정보를 동시에 인식도록 설계되어 안테나 각도가 0°의 경우가 중량 컨베이어 위의 박스 중량을 측정하는 위치에 RFID 전파존을 가장 크게 형성하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 컨베이어 RFID 시스템의 RPPC에 적용시 안테나 각도는 박스의 진행방향과 수직으로 위치하도록 설계하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

Table 3-21. 안테나 각도와 박스의 투입방향 따른 인식율

안테나 각도	박스투입방향	
	종방향	횡방향
-45°	61.7±2.9 ^{c1)}	100.0±0.0 ^a
0°	97.8±6.5 ^a	100.0±0.0 ^a
+45°	73.3±7.6 ^b	100.0±0.0 ^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.

8. RPPC 물류관리시스템의 RFID 적용성

본 연구에서는 RFID 주파수 조사 및 주파수 선정, 태그선정, 태그 인식능력 분석, 컨테이너 박스의 태그 및 박스 인식능력 분석, 게이트형 RFID 시스템과 컨베이어 RFID 시스템의 고추 적용실험을 통하여 고추종합처리장의 물류관리 시스템에 RFID 기술의 적용성을 검토하였다. 실험결과 RFID 시스템은 UHF 대역의

908.5~914.0 MHz의 주파수와 EPC class1 Gen2 태그를 사용하는 것이 적절한 것으로 판단되었으며, 고추종합처리장에서 공정별로 컨베이어형 RFID 시스템과 게이트형 RFID 시스템을 복합적으로 적용하면 적정 물류관리 시스템 구축이 가능할 것으로 판단되었다.

고추종합처리장의 RFID을 이용한 물류관리는 입고 검수와 건조 등 각각의 처리 공정에는 컨베이어형 RFID 시스템을 적용하고, 건조 투입 및 저온저장고 입출하 공정에서는 게이트형 RFID 시스템을 적용하여 계획하였다. 입고 검수 공정에서는 집하장에 입고된 고추 컨테이너 박스를 컨베이어형 RFID 시스템을 통하여 각각의 박스별로 중량과 박스에 부착된 태그 정보를 통하여 생산자, 품종 및 이력관리 정보를 처리한다. 즉, 고추가 담긴 컨테이너 박스를 컨베이어형 RFID 시스템에 연속적으로 올려놓으면 중량 컨베이어에서 전자저울에 의하여 박스의 중량을 측정하고 동시에 RFID 시스템에 의하여 박스의 태그 정보를 인식한다. 이때 주변의 다른 컨테이너 박스의 태그가 오인식되지 않도록 리더기의 전파출력은 18 dBm으로 계획하며, 안테나는 2개, 안테나의 각도는 컨테이너 박스의 진행방향과 수직이 되도록 한다. 이후 입고 검수 처리된 컨테이너 박스는 RFID 태그 ID가 입력된 파렛트에 6개씩 5단 적재한 후 건조공정 및 저온저장고에 입고된다. 이때 컨베이어형 RFID 시스템에서 처리된 각각의 컨테이너 박스 정보는 데이터베이스를 통하여 파렛트 태그 ID와 연동이 되므로 이후의 건조 공정 투입 및 저장 입출하 공정에서는 파렛트의 정보만 인식이 되면 파렛트에 적재된 30개의 컨테이너 박스의 정보도 알 수 있다. 따라서 입고 검수 후의 건조 공정 투입 및 저온저장고의 입출하 공정에서는 게이트형 RFID 시스템을 사용하여 파렛트 및 박스 단위의 정보처리가 실시간 가능하므로 효율적인 물류관리 시스템 구축이 가능할 것으로 판단되었다. Fig. 3-31은 본 연구에서 개발된 게이트형 RFID 시스템과 컨베이어형 RFID 시스템을 적용한 고추종합처리장의 물류관리 시스템을 나타낸 것으로, 각각의 공정별로 표현해야 하는 기능에 주안점을 두어서 RFID 적용 계획을 수립하였으며, 고추의 생산에서 출하에 이르는 전 과정 중에서 RPPC 입고, 창고보관, 건조기 투입, 건조기 배출 및 제품 적재 및 저장 공정에 대하여 계획을 수립하였다.

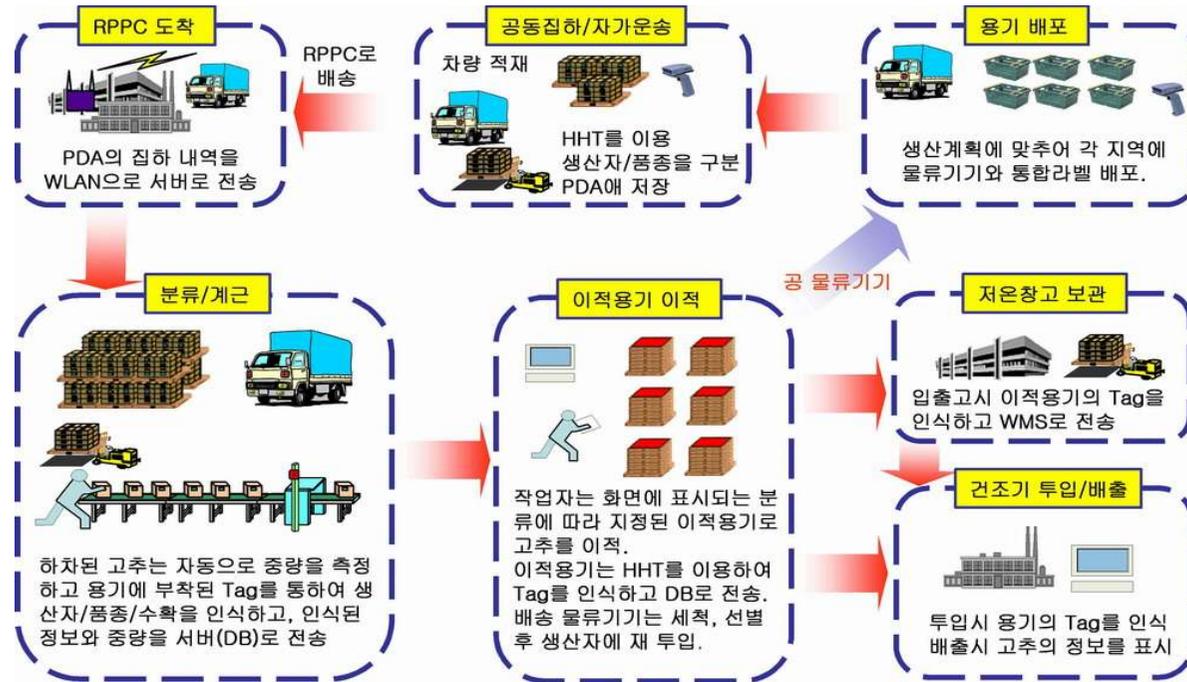


Fig. 3-31 RPPC 물류관리시스템 계획

제 4 절 물류관리를 위한 정보관리 기술 개발

1. RPPC 물류관리 정보 프로그램 개발

고추종합처리장의 물류정보 시스템은 두개의 큰 모듈로 구성된다. 순회집하 모듈은 물류기기를 관리하고, 입고 시간, 입고량을 제어하기 위하여 구성된다. 고추종합처리장의 홍수 출하물량을 조절하기 위하여 차량을 순회를 조절하여 입고처리 가능 물량을 넘어서는 급작스런 물량의 입고를 방지하여 비교적 균일한 차량의 입고를 가능하게 하며, 고추종합처리장의 자산으로 관리되는 물류기기의 분실을 방지한다. WMS 모듈은 입고, 분류, 선별, 재고, 이동, 투입 등 고추종합처리장으로 홍고추가 입고되는 순간부터 출하가 완료되는 순간까지 모든 재고의 물량 및 위치를 관리하게 된다. 이 시스템은 고추종합처리장의 입고 현황, 입고대기 현황, 건조대기 물량, 저온저장고 적재 물량, 반가공품의 재고 현황 등을 실시간으로 파악하게 된다. 본 연구에서는 고추종합처리장의 물류관리 시스템에 사용할 단위공정의 정보 프로그램 개발하였으며, 개발된 프로그램은 게이트형 RFID 시스템과 컨베이어형 RFID 시스템의 고추 실증실험에 적용하여 프로그램과 시스템의 연동 및 데이터베이스를 통한 데이터 처리에 대한 검증을 마쳤다. 각 공정별 모듈은 web 혹은 폐쇄된 유동센터내 전산망을 이용하여 생산관리, 판매관리, RFID/생산이력 관리 데이터베이스와 유기적으로 연결된다.

가. 입고 정보관리

농가에 생산지역별 RFID 태그가 부착된 물류기기와 통합라벨을 배포하며, 홍고추의 RPPC로의 이송 시 배송작업자는 RFID 휴대형 리더기를 이용하여 생산자/품종/생산일자 별 물류기기의 태그에 정보를 입력하고 입력된 정보를 WLAN을 통해 DB에 전송한다. RPPC에 입고된 홍고추 컨테이너 박스는 컨베이어형 RFID 시스템을 통과하며 물류기기에 부착된 태그와 생산이력 정보를 비교하여 각 생산자별로 선별 및 중량 측정을 수행한다. Fig. 3-32는 RPPC로 입고된 농산물의 생산이력, 중량 측정 등 물류정보 관리를 위하여 개발된 프로그램이다.



Fig. 3-32 RPPC 입고 정보관리 화면

나. 건조 및 저온저장 정보관리

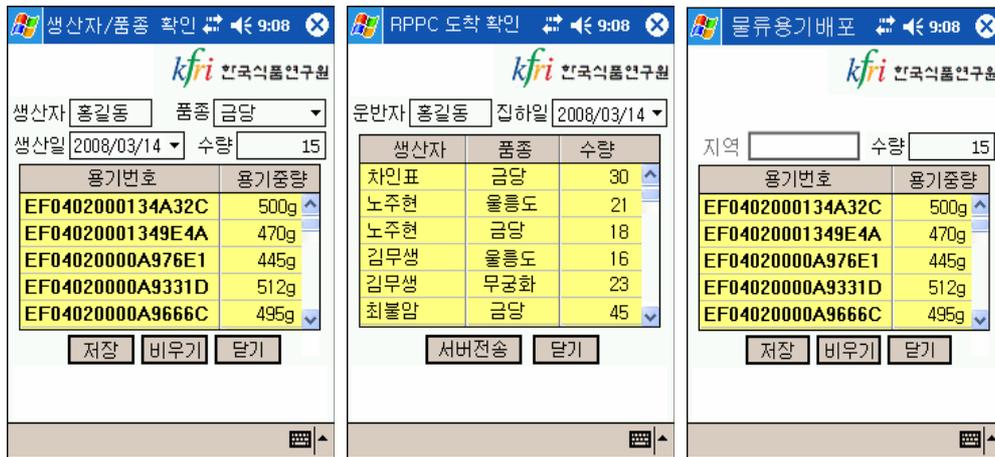
입고된 물량은 건조계획에 따라 건조공정과 저온저장고로 이송된다. 저온저장고에 입출고 시 저온저장고 입구에 설치된 게이트형 RFID 시스템을 통하여 자동으로 인식하여 저장물을 관리한다. 또한, 건조기에 투입된 물량에 대해 건조기 통과 후 건조물을 생산자, 품종, 생산일자 별로 분류하여 건조물 저장용기에 저장하고, 저장용기의 태그를 인식한다. 분류된 건조품의 품질관리를 위하여 건조공정 후 함수율, ASTA, 캡사이신, 당도 등 품질정보는 현재 실시간 자동 측정되는 시스템이 현장에 구축되어 있지 않아 샘플을 채취하여 분석 후 수작업으로 데이터베이스에 기록하도록 하였다. Fig. 3-33 RPPC 건조 및 저온저장 정보관리 화면을 나타낸 것이다.

다. 용기배포 및 생산 정보관리 프로그램

고추 생산농가가 생산일정, 수량, 품종을 RPPC에 통보하면 통보된 생산일정에 따라 RFID 태그가 부착된 컨테이너 박스를 농가에 배포하여 배송자가 배포와 동시에 용기를 휴대용 RFID 리더기를 통하여 생산정보를 관리한다(Fig. 3-34).



Fig. 3-33 RPPC 건조 및 저온저장 정보관리 화면



(a) 물류용기 배포 정보처리 (b) 산지집하 정보처리 (c) 입고 정보처리

Fig. 3-34 RPPC 용기배포 및 생산 정보관리 화면

2. RFID 적용 고추종합처리장의 물류관리시스템

고추종합처리장의 물류관리시스템은 RFID를 적용하여 농가에서 수매되는 고추의 입고 처리를 원활하게 하고, 저장되어 있는 재고 관리 및 건조기 투입의 효율성 향상을 위하여 계획되었으며, 물류관리시스템의 주요 내용은 Table 3-22와 같다.

Table 3-22. RFID 적용 고추종합처리장 물류관리시스템의 주요내용

구 분	주요 내용
물류용기에 대한 농가 이력관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 휴대형 리더기를 통해 물류용기의 생산농가 배포 시 물류용기 관리를 위한 농가 이력관리 - 용기별 또는 농가별 생산이력 조회 기능
RPPC 공정 및 농산물 관리의 RFID 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - RFID 태그 프린터를 이용한 집하 용기에 대한 Tagging 기능 - RFID 휴대형 리더를 이용한 농가의 공동 집하 및 개별 운송 시 집하, 이력관리 기능 - RFID 휴대형 리더를 이용한 농가의 공동 집하 및 개별 운송 시 집하정보 출력 기능 - 컨베이어형 RFID 시스템을 이용한 집하된 컨테이너 박스의 중량 계측 및 생산자 정보 관리 기능 - 컨베이어형 RFID 시스템을 통한 농가별 입고 중량정보에 대한 자료 출력 기능(입고전표 발행) - RFID 미들웨어를 적용한 효율적인 RFID 정보 처리 기능 - RFID 미들웨어를 이용한 EPC 코드 발급 기능 - 게이트형 RFID 시스템을 통한 창고 입출고 및 건조기 투입 물류관리 기능
물류용기 관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 집하 용기에 대한 태깅 및 EPC 발급 이력 조회 기능 - 각종 생산이력 등의 농산물에 대한 전체 이력에 대한 WEB에서 통합 조회 기능 - 파레트 및 컨테이너별로 적재된 농산물을 저온창고별 입고, 재고, 출고 관리 및 현황 조회 기능

가. 물류관리시스템 업무 프로세스

RPPC의 물류관리시스템은 생산/집하/계근/건조 등의 전 단계에 걸친 고추의 주요 물류용기 정보 및 농산물 이력정보를 RFID 기술을 활용하여 원활히 수집하고, 철저히 관리함으로써 농산물 관리에 효율성을 제공한다. Fig. 3-35는 RPPC의 물류관리시스템 업무 프로세스를 도식화한 것이다.

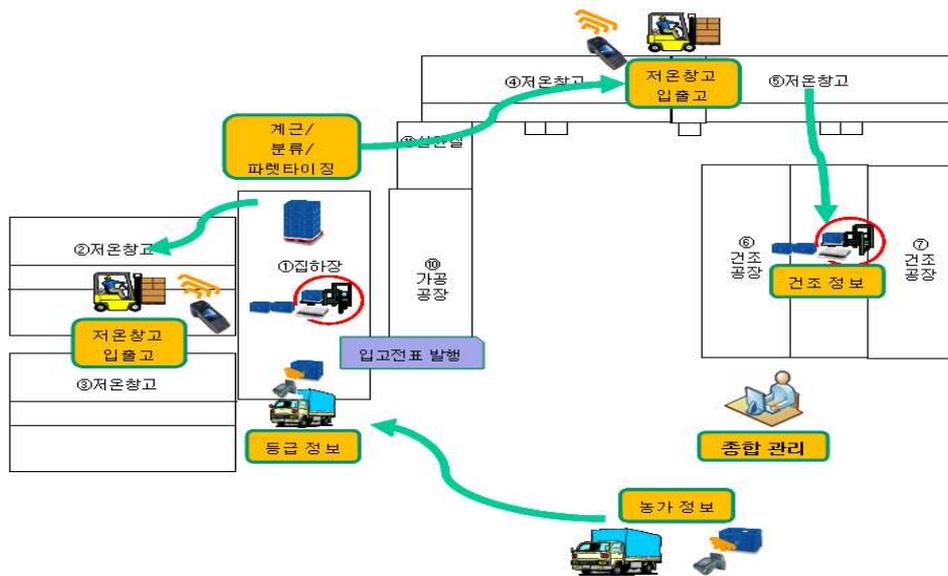


Fig. 3-35 물류관리시스템 업무 프로세스

나. 물류관리시스템 하드웨어 구성도

RPPC의 물류관리시스템 적용 RFID 서버는 DB서버, RFID M/W서버, 웹서버로 구성되며, 각 공정별 대상 농산물의 입/출고 이력정보를 취득하는 고정형 RFID리더, 물류용기의 라벨발행기, 농산물 생산이력을 관리하기위한 휴대형리더 등으로 구성된다(Table 3-23, Fig 3-36).

다. 물류관리시스템 소프트웨어 구성도

RFID 기반 RPPC의 물류관리 시스템의 구축은 RPPC의 각공정 및 산지 등의 각 구축 거점별로 효율적인 시스템 운영환경 조성 및 향후 확장 가능성을 고려하여 S/W를 구축한다(Table 3-24, Fig. 3-37).

Table 3-23. 물류관리시스템 하드웨어

하드웨어	설치장소
컨베이어형 RFID 시스템 게이트형 RFID 시스템	<ul style="list-style-type: none"> • 집하장: 중량정보와 연동되어 작동 • 저온저장고: 입출고 인식용 • 건조공장: 건조공정 정보관리
휴대용 리더기	<ul style="list-style-type: none"> • 순회집하에 이용
태그	<ul style="list-style-type: none"> • 파렛트 • 박스
DB서버/Web서버	<ul style="list-style-type: none"> • RPPC
미들웨어서버	<ul style="list-style-type: none"> • RPPC
RFID 라벨프린터	<ul style="list-style-type: none"> • 건조공장/가공공장
유무선 송수신 네트워크	<ul style="list-style-type: none"> • RPPC

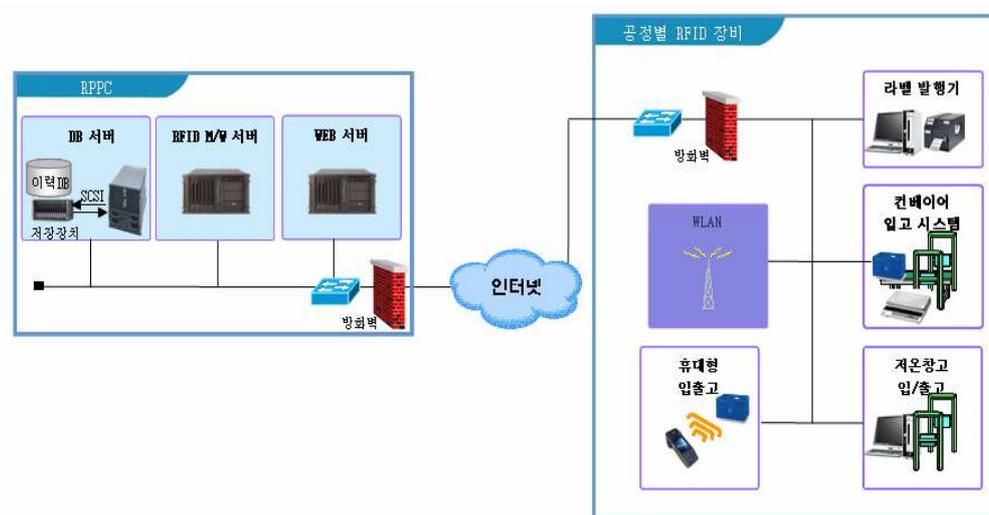


Fig. 3-36 물류관리시스템 하드웨어 구성도

Table 3-24. 물류관리시스템 기능단위별 어플리케이션 요구사항

기 능	요구 사항
데이터 수집 및 저장	<ul style="list-style-type: none"> - 게이트형, 컨베이어형 RFID 시스템의 데이터 송수신 플랫폼 제공 - 통신 플랫폼을 통한 시스템과 관리 소프트웨어 간 데이터 연동 - 일자/장비명/이벤트/태그 구분 등의 이력 데이터 수집 및 DB 저장
데이터 통합 및 연계 분석	<ul style="list-style-type: none"> - 게이트형, 컨베이어형 RFID 시스템, 휴대용 리더 장비들의 데이터 통합 - 동일 시간대의 다중 정보 분석
태그 대상 이력 관리	<ul style="list-style-type: none"> - 농산물 집하 용기의 이력 데이터 관리 - RFID 태그 프린터와의 연동 및 제어
용기 관리 및 재고관리	<ul style="list-style-type: none"> - 집하 용기에 대한 태깅, 집하, 입고, 출고에 대한 정보를 관리 - 용기에 대한 추적 및 이력 관리

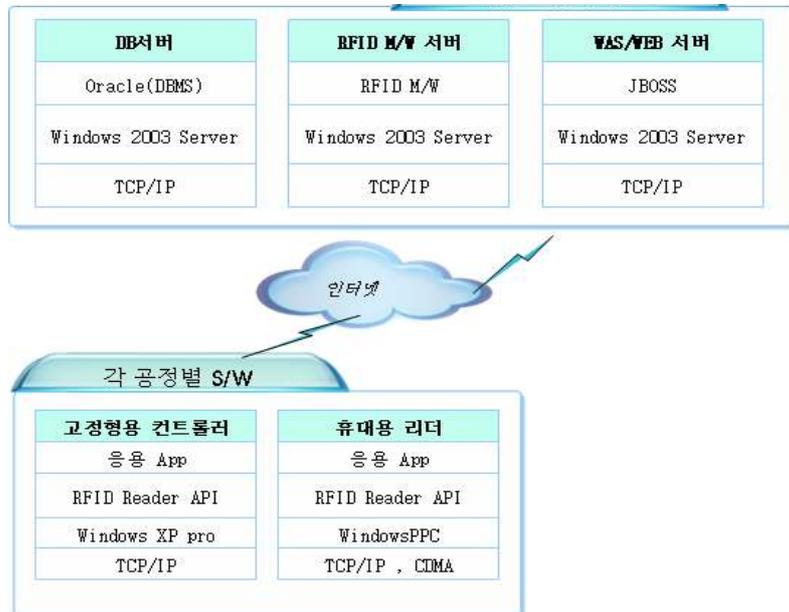


Fig. 3-37 물류관리시스템 소프트웨어 구성도

3. 고추종합처리장의 공정별 RFID 적용 물류정보관리 계획

RFID 적용 고추종합처리장의 물류관리 시스템의 고추의 입고, 출고, 이동을 관리하고 나아가 생산이력제와 연동하기 위해서는 RFID의 적용을 고려한 공정 및 물류계획의 설계가 요구된다. Fig. 3-38은 본 연구에서 계획한 고추종합처리장의 물류관리 시스템의 RFID 적용 물류공정을 나타낸 것으로, 생산농가의 집하에서 건조기 투입에 이르는 각 공정별 RFID를 적용하는 물류정보 관리를 계획하였다.

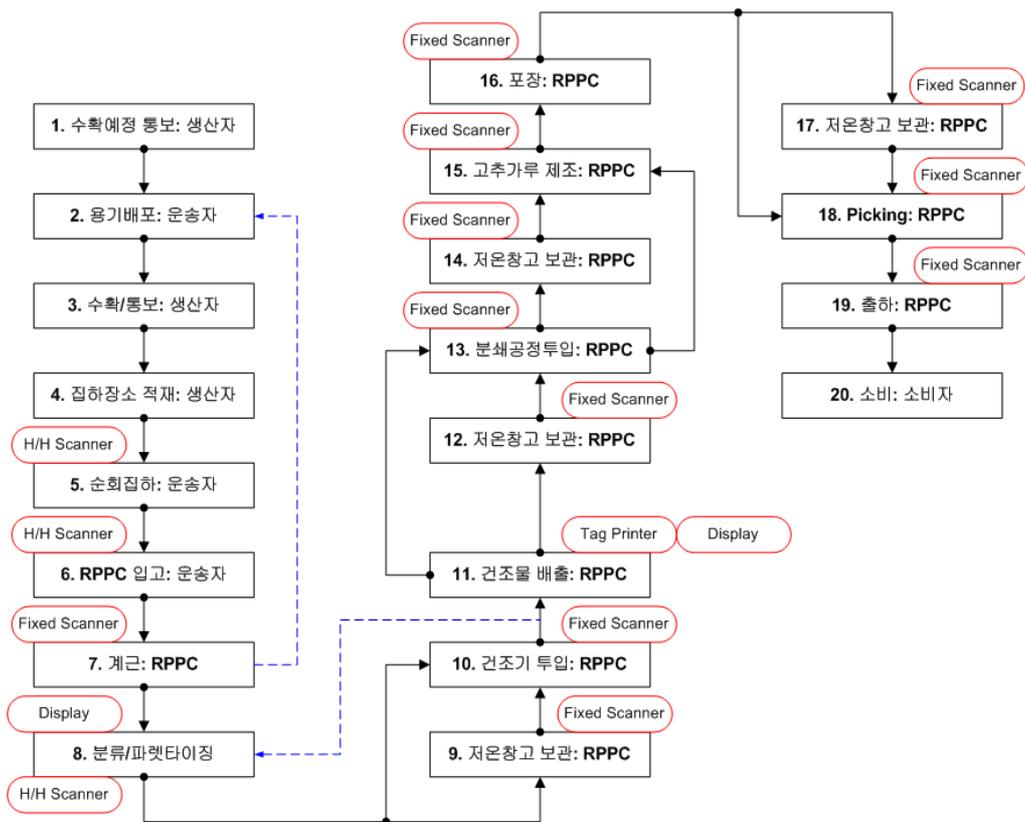


Fig. 3-38 고추종합처리장의 RFID 적용 물류공정 계획

가. 집하 공정

고추종합처리장은 생산농가로부터 생산계획을 전달받아 구매계약의 단계에서 예상 입고물량을 산정하고, 물량에 맞추어 미리 RFID Tag가 부착된 컨테이너 박스를 배포한다. 수확 및 적재가 완료되면 고추종합처리장은 순회 집하를 통하여 각 물류용기에 부착된 FRID Tag의 일련번호를 휴대용 리더기를 이용하여 인식하고, 해당 생산자의 성명, 품종, 생산일시 등 생산정보를 기록하여 휴대용 리더에 저장한다. 인식이 완료된 컨테이너 박스는 순회집하 차량에 상차하여 고추종합처리장으로 이송된다(Fig. 3-39).

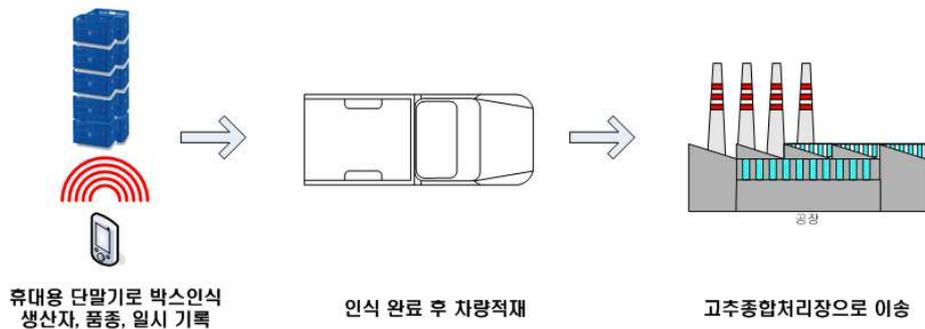


Fig. 3-39 RPPC 집하 공정의 RFID 적용 물류계획

나. 입고 공정

입고처리 공정은, 하차, 고추의 중량 측정, 컨테이너 박스의 Tag 정보 인식이 포함된다. 고추종합처리장에 도착한 차량은 WMS가 지정한 도크에서 하차를 진행한다. 운송기사는 하차준비과정으로 휴대용 단말기에 저장되어 있는 박스별 생산자, 품종, 생산일시 정보를 RFID 관리 데이터베이스로 전송하여 WMS와 동기화된다. 하차된 고추 컨테이너 박스는 컨베이어형 RFID 시스템에 투입되어 자동적으로 중량을 측정하고, 컨테이너 박스에 부착된 Tag 정보를 인식한다. Tag의 일련번호에 해당되는 중량은 RFID 데이터베이스 및 WMS로 전송된다. 이 과정을 통하여 해당되는 고추의 입고처리가 완료된다(Fig 3-40).

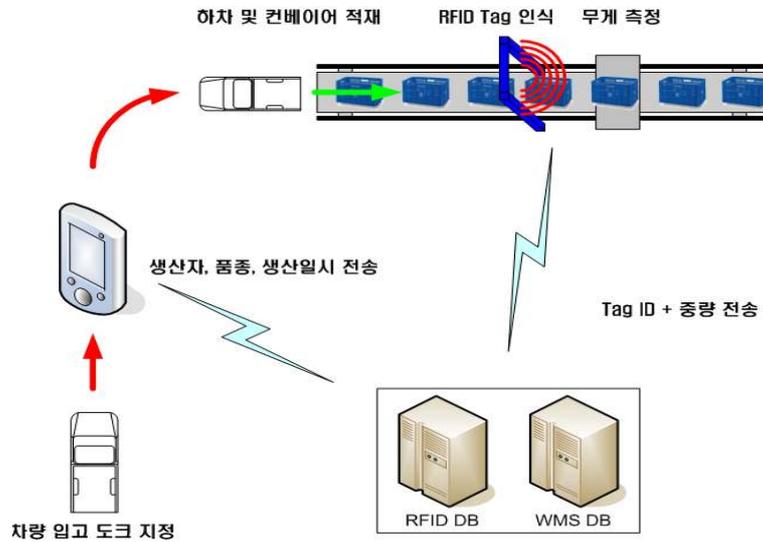


Fig. 3-40 RPPC 입하 공정의 RFID 적용 물류계획

다. 분류 및 이송 공정

입고처리가 완료된 컨테이너 박스는 컨베이어 위에서 분류기로 이동되며, 분류기는 WMS의 정보에 따라서 해당박스를 물리적으로 분류한다. 분류기를 통과한 컨테이너 박스는 파렛타이저에 의하여 파렛트위에 적재된다. 이때, 파렛트에 부착된 RFID Tag의 일련번호가 인식되고, 이 일련번호에 적재되는 박스의 정보가 매핑되며, 박스 정보는 RFID 데이터베이스 및 WMS로 전송된다. 이 이후의 공정에서는 개개의 박스를 인식할 필요 없이, 파렛트의 RFID 일련번호를 인식하면 데이터베이스에 기록된 매핑 정보를 활용하여 박스의 이동을 인식 할 수 있다. 파렛타이징이 완료된 고추는 지게차 혹은 컨베이어를 이용하여 저온창고로 이송되게 된다. 이때, WMS는 각 보관창고의 여유공간 및 분류 정보를 통하여, 보관할 창고의 번호를 지정하게 된다(Fig. 3-41).

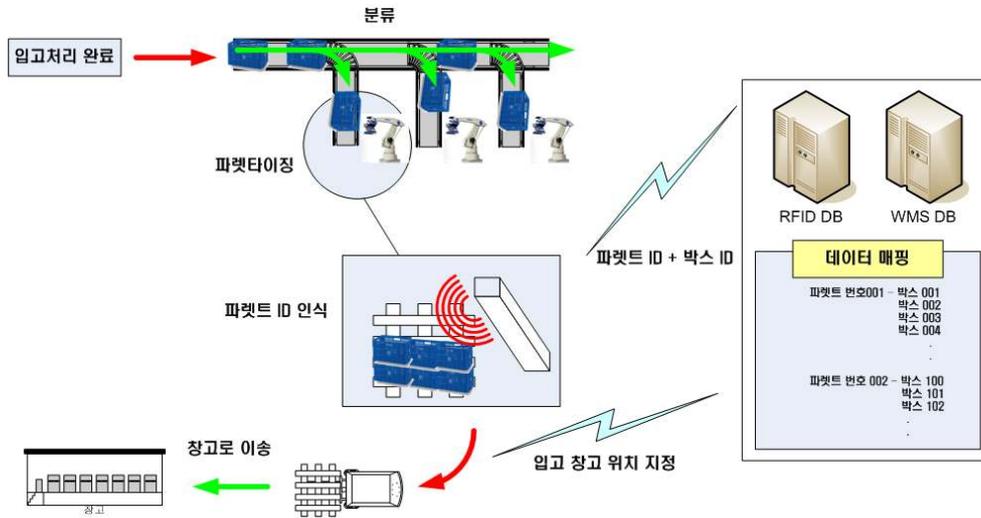


Fig. 3-41 RPPC 분류 및 이송 공정의 RFID 적용 물류계획

라. 저온저장고 입출고 공정

저온저장고로 이송된 파렛트화 된 고추는 게이트형 RFID 시스템을 통과하면서 게이트에 설치된 RFID 리더를 통과하고, 리더는 파렛트에 부착된 RFID Tag ID를 인식하여 그 결과를 WMS에 전송하여 입고 확인이 완료된다. 입고 확인이 되면 WMS는 각 창고의 재고 수량을 갱신하고 그 결과를 기록한다. 생산관리 모듈에서 건조기 투입 혹은 출고 요청시 WMS는 재고를 반출할 창고를 지정한다. 창고 반출 담당자는 WMS의 지시에 따라서 정해진 저온저장고에서 재고를 반출하여 지정된 장소로 이송한다. 저온저장고 반출시에는 출입구에 설치된 게이트형 RFID 시스템을 통과하여 반출되는 파렛트의 ID를 인식하여 출고처리를 완료한다. 이 결과는 WMS로 전송되고, 각 창고의 재고는 갱신된다. 출고가 완료된 결과를 WMS는 생산관리 시스템으로 전송하여 출고 공정이 완료된다(Fig. 3-42).

마. 건조기 투입 공정

생산관리 프로그램에 의하여 출고 요청되어, 출고 완료된 홍고추는 건조기로 이송된다. 건조기의 투입라인에 적재된 고추적재 파렛트는 RFID리더를 통과하며 파

렛트의 Tag ID를 인식하여 정확한 제품이 투입대기 중인지 파악된다. 정확한 제품이라고 판단되면, 홍고추 투입 재고를 갱신하고, 건조량 데이터베이스를 갱신한다. 건조기 투입라인에 투입된 홍고추는 컨베이어로 이동하며, 디파렛타이징 되어 박스상태로 호퍼에 투입되고, 빈 박스는 밖으로 배출된다(Fig. 3-43).

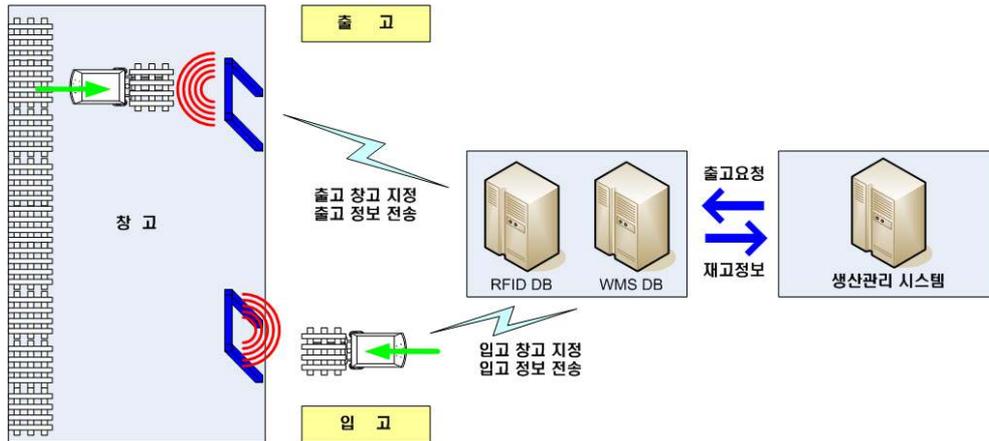


Fig. 3-42 RPPC 분류 및 저온저장고 입출고 공정의 RFID 적용 물류계획

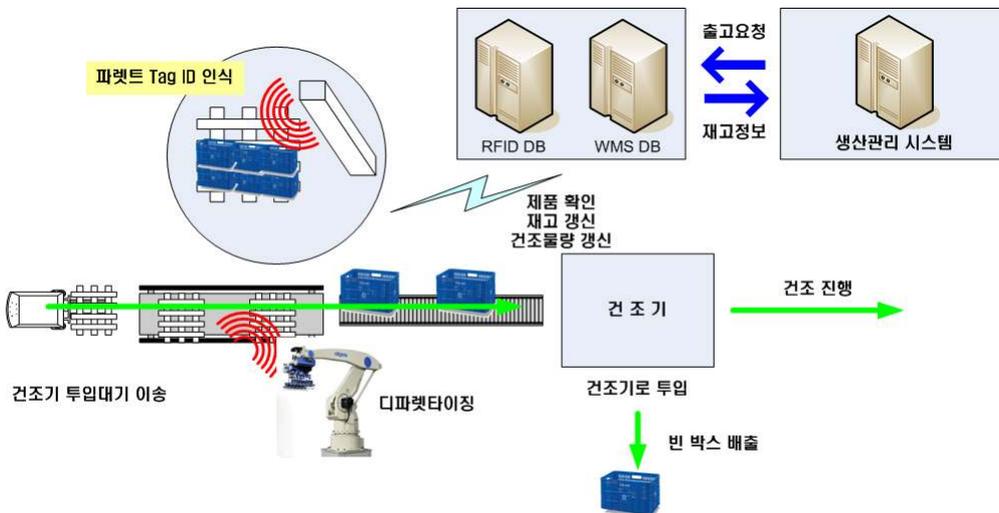


Fig. 3-43 RPPC 분류 및 건조기 투입 공정의 RFID 적용 물류계획

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

본 연구의 세부 연구개발 목표는 고추의 물류 시스템 설계, RFID 시스템 개발 및 성능평가, 고추의 RFID 활용기술 개발 및 실증실험, RFID을 이용한 물류관리 시스템 개발로서 Table 4-1은 본 연구계획서에 제시된 세부 연구개발 목표 및 평가의 착안점, 기준을 나타낸 것이다.

Table 4-1. 연구개발 목표 및 평가의 착안점

세부연구개발 목표	가중치	평가의 착안점 및 기준
고추의 물류공정 설계	20%	고추의 물류공정은 적정하게 설계되었는가?
RFID 시스템 개발 및 성능평가	20%	RFID 시스템 개발 및 성능평가가 적절히 수행되었는가?
고추의 RFID 활용기술 개발 및 실증실험	30%	고추의 RFID 활용기술과 실증실험이 적절히 수행되었는가?
RFID을 이용한 물류관리 시스템 개발	30%	RFID을 이용한 물류관리 시스템은 적정하게 개발되었는가?

1. 고추의 물류공정 설계

고추의 물류특성을 분석하고 제한된 물류환경을 갖추고 있는 고추종합처리장에서 홍수출하 및 대량의 고추 원료 처리를 위한 물류 시스템을 설계하였다. 고추종합처리장의 물류공정은 고추종합처리장의 기간/일자별 물동량 및 이동 물동량 등 물류공정 분석을 통하여 설계되었으며, 고추종합처리장의 물류관리시스템의 관리 공정으로서 사용되었다.

2. RFID 시스템 개발 및 성능평가

안테나 및 리더기 선정, RFID 안테나 및 리더기의 위치 및 형태 설계, 이송장치

설계를 통하여 게이트형 RFID 시스템과 컨베이어형 RFID 시스템을 개발하여 시작기의 성능실험을 수행하였으며, 개발된 게이트형 RFID 시스템과 컨베이어형 RFID 시스템은 고추종합처리장의 물류관리시스템의 기본 처리 시스템으로 적용되었다.

3. RPPC 적용을 위한 RFID 활용기술 개발

고추의 물류 환경에 적용되는 RFID 기술의 최적조합을 찾아내는 실험을 통하여 고추의 물류에 적용 가능한 원천기술을 확립하였다. RFID 주파수 조사 및 주파수 선정, RPPC 적용 RFID 태그 선정, 태그 인식능력 프로그램 개발, 태그 인식능력 분석, 컨테이너 박스의 태그 및 박스 인식능력, 게이트형 RFID 시스템의 고추 실증 실험, 컨베이어형 RFID 시스템의 고추 실증실험을 수행하였다. 실험결과 RFID 시스템은 UHF 대역의 908.5~914.0 MHz의 주파수와 EPC class1 Gen2 태그를 사용하는 것이 적절한 것으로 판단되었으며, 고추종합처리장의 물류관리시스템에 적용되었다.

4. RFID 적용 RPPC 물류관리시스템 개발

고추종합처리장의 물류관리시스템은 RFID를 적용하여 농가에서 수매되는 고추의 입고 처리를 원활하게 하고, 저장되어 있는 재고 관리 및 건조기 투입의 효율성 향상을 위하여 설계되었으며, 시스템은 두개의 큰 모듈로 구성된다. 순회집하 모듈은 물류기기를 관리하고, 입고 시간, 입고량을 제어하기 위하여 구성되었으며, 고추종합처리장의 홍수 출하물량을 조절하기 위하여 차량을 순회를 조절하여 입고처리 가능 물량을 넘어서는 급작스런 물량의 입고를 방지하여 비교적 균일한 차량의 입고를 가능하게 한다. WMS 모듈은 입고, 분류, 선별, 재고, 이동, 투입 등 고추종합처리장으로 홍고추가 입고되는 순간부터 출하가 완료되는 순간까지 모든 재고의 물량 및 위치를 관리하며, 이 시스템은 고추종합처리장의 입고 현황, 입고대기 현황, 건조대기 물량, 저온저장고 적재 물량, 반가공품의 재고 현황 등을 실시간으로 파악하게 된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구의 핵심기술인 게이트형 RFID 시스템, 컨베이어형 RFID 시스템 개발 기술, 물류시스템 구축을 위한 고추의 RFID 활용 기술, RFID을 이용한 RPPC의 물류관리시스템 기술은 특허출원, 산업체 기술이전 및 고추종합처리장 기술지도를 통하여 애로사항 해결에 활용할 계획이다. 또한 주요 연구결과에 대해서는 학술회의와 학술지에 발표하여 관련 분야의 학문 및 기술발전에 활용하고자 한다.

RFID을 이용한 물류관리 시스템은 RPPC의 SMC 구축으로 고추의 효율적인 물류관리 및 이력추적관리가 가능함으로써 고추제품의 신뢰성, 품질, 생산성 향상으로 수입 고추에 대한 경쟁력이 강화되며 국내 고추 생산농가의 안정적인 생산기반을 제공할 것으로 기대되며, RFID 적용기술은 고추뿐만 아니라 기타 농산품의 물류관리 및 유통에도 활용 가능성이 높아 향후 지속적인 연구를 통하여 기타 농산품 및 관련 산업계에 적용, 보급할 계획이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

- ISO. 2007. 18000-6 Parameter for Air Interface Communications at 860-930MHz.
- Finkenzeller K. 2003. RFID Handbook Second Edition. Fundamentals and Application in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Imad Mahgoub, Mohammad Ilyas. 2006. Smart Dust: Sensor Network Applications, Architecture, and Design. Taylor & Francis.
- Myerson. 2007. RFID in the Supply Chain: a Guide to Selection and Implementation. Auerbach Publications Taylor & Francis Group. New York.
- R. Hornbaker, V. Kindratenko, and D. Pointer. 2007. An RFID Agricultural Product and Food Security Tracking System Using GPS and Wireless Technologies. ICPA.
- Sandip Lahiri. 2006. RFID Sourcebook. IBM Press.
- C.media. 2006. RFID 태그비즈니스 가이드 모바일메디아 · 마거진別冊, 株式會社 シーメディア.
- 日經BP. 2004. 無線IC 태그導入 가이드. 日經BP出版センター.

제 7 장 참고문헌

1. 권성호, 모희숙, 최길영, 표철식, 채종석. 2006. Gen2기반 RFID시스템에서의 충돌방지 알고리즘에 관한 연구. 한국통신학회논문지 31(6B):561-571.
2. 김범두. 2005. RFID를 이용한 Traceability 구축사례. 물류혁신 컨퍼런스 13(3):269-286.
3. 김정곤, 이제경. 2006. UHF 대역 RFID 시스템의 충돌방지 기술 동향. 한국통신학회지 정보통신 23(12):93-106.
4. 박경철, 윤태섭. 2004. UHF 대역 RFID를 위한 안테나 및 리더기술. 한국통신학회지 정보통신 21(6):143-152.
5. 박승창. 2006. RFID 서비스 기술의 최근 국내외 연구개발 동향과 전망. 한국통신학회지 23(12):70-79.
6. 산업자원부 기술표준원. 2006. RFID 기술표준 및 실용화 전략 가이드.
7. 유승화. 2004. RFID/USN표준화 추진방향. TTA저널 94:12-18.
8. 윤태승. 2006. 국내외 무선인식(RFID) 관련 특허 조사 연구. 산업자원부 한국유통물류진흥원.
9. 이명훈, 여현. 2007. EPC 네트워크를 응용한 농.축산물 이력관리 시스템 설계. 한국해양정보통신학회논문지 11(1):216-221.
10. 최호승, 김재현. 2005. RFID 시스템에서의 태그 인식 알고리즘 성능분석. 대한전자공학회논문지TC 42(5,335):47-54.
11. ETRI. 2005. RFID 기술 및 시장동향.
12. Finkenzeller K. 2003. RFID Handbook Second Edition. Fundamentals and Application in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley and Sons, Inc., New York.
13. Gael Raballand and Enrique Aldaz-Carroll. 2007. How Do Differing Standards Increase Trade Costs The Case of Pallets. The World Economy

30(4):685–702.

14. Haraldsvik R. 2007. RFID: From Pilots to Commercial Deployment(Case Studies). RFID/USN 2007 International Conference Proceeding 145–158.
15. H. Vogt. 2002. Efficient Object Identification with Passive RFID Tags. Proceeding International Conference on Pervasive Computing. LNCS .2414:98–113. Springer–Verlag.
16. Imad Mahgoub, Mohammad Ilyas. 2006. Smart Dust: Sensor Network Applications, Architecture, and Design. Taylor & Francis.
17. ISO. 2007. 18000–6 Parameter for Air Interface Communications at 860–930MHz.
18. Kim, H. J. 2004. A Study on the Application Strategies of RFID on the Logistics & Distribution. Korea Research Academy of Distribution Information 7(1):39–65. (In Korean)
19. Kim, J. H., J. W. Jeong, K. H. Kwen, D. H. Yoon and J. S. Kang. 2008. Design of RFID System Using UHF Band for Agricultural Products. Proceeding of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference 13(1):70–76. (In Korean)
20. Lee, C., Cho, H., Kim, S.W. 2008. An Adaptive RFID Anti–Collision Algorithm Based on Dynamic Framed ALOHA. IEICE Transaction Communications E Series B 91(2):641–645.
21. Lee, M. H., H. Yoe. 2007. Design of Argo–Livestock Products Traceability System using EPC Network , The Journal of the Korean Institute of Maritime Information and Communication Sciences 11(1):216–221. (In Korean)
22. M. Thompson, et al. 2005. Seafood Traceability in the United States: Current Trends, System Design, and Potential Application. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 4(1):1–7.

23. Ministry of information and communication. 2006. RFID/USN Korea 2006 International conference. Korea association of RFID/USN.
24. Ministry of information and communication. 2007. RFID/USN Korea 2007 International conference. Korea association of RFID/USN.
25. Moon, H. S., N. H. Kim, J. W. Lee and B. S. Lee. 2007. Analysis and Measurement of RCS for UHF Band RFID Tag Antennas. J. of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering & Science. 18(1,116):31-36. (In Korean)
26. Myerson. 2007. RFID in the Supply Chain: a Guide to Selection and Implementation. Auerbach Publications Taylor & Francis Group. New York.
27. Nakajima Y. 2007. Hibiki Project and the Next RFID Generation. RFID/USN 2007 International Conference Proceeding:127-158.
28. Ning, Wang, et al. 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry-Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture 50(1):1-14.
29. R. Hornbaker, V. Kindratenko, and D. Pointer. 2007. An RFID Agricultural Product and Food Security Tracking System Using GPS and Wireless Technologies. ICPA.
30. Sandip Lahiri. 2006. RFID Sourcebook. IBM Press.
31. Wang, N., N. Zhang, M. Wang. 2005. Wireless Sensors in Agriculture and Food Industry - Recent Development and Future Perspective. Computer and Electronics in Agriculture 50:1-14.
32. C.media. 2006. RFIDタグビジネスガイド モバイルメディア・マガジン別冊, 株式会社 シーメディア.
33. 日経BP. 2004. 無線ICタグ導入ガイド. 日経BP出版センター.