

항만컨테이너터미널 게이트 입/출입 관리에서의 RFID 적용에 관한 실증 연구

장경열¹, 이충훈¹, 김재곤¹, 임승길² 유우식^{1*}

¹인천대학교 산업경영공학과 / ²성결대학교 e-비즈니스IT학부

An empirical study on RFID application to the container terminal gate management system

Kyoungyeol Jang¹, Chunghoon Lee¹, Jae-Gon Kim¹, Seung-Kil Lim², Woosik Yoo¹

¹Department of Industrial and Management Engineering, University of Incheon, Incheon, 402- 749

²Division of e-business IT, Sungkyul University, Anyang, 430-742

We conduct an empirical study on RFID application to a real container terminal gate. The objective of this study is three-fold. The first is to design a new gate management process that applies RFID technology. For this purpose, we analyze current gate management process to find opportunities for improvement. The second is to verify the 433 and 900 Mhz RFID technology in terms of the recognition rate of information contained in RFID tag under various conditions such as the speed of vehicle, the position of RFID tag and the tilt of RFID reader. We perform some experimental tests for this verification. Finally, we try to find suitable conditions for the speed of vehicle, the position of RFID tag and the tilt of RFID tag reader based on results of the experimental tests. Those findings are obtained with some ANOVA tests. Additionally, we summarize anticipated issues when applying RFID technology to the gate management process and possible solutions for the issues.

Keywords: RFID, empirical test, seaport container terminal

1. 서론

기업의 생산 및 판매가 점차 글로벌화 되어가고 세계화의 진전 및 시장 개방의 가속화에 따라 국내/외적으로 물류산업의 중요성이 높아지고 있다. 특히 동북아 경제 규모의 급격한 증가에 따라 컨테이너 물동량이 증가하면서 한국, 중국, 싱가포르, 일본 등의 아시아 국가 간의 항만물류 주도권 경쟁이 나날이 치열해 지고 있다.

이와 같은 상황에서 항만물류의 거점인 항만터미널은 경쟁에 살아남기 위해 지속적인 항만사용료 인하와 서비스수준 개선을 시도하고 있다. 각국 항만들은 업무 및 장비의 자동화, 고속화를 추구하는 차세대형 터미널의 개발하고 다양한 배후수송망 확보에 노력하고 있다.

아울러 항만운영의 효율성을 획기적으로 증대시키기 위해 RFID(Radio Frequency Identification)를 기반으로 하는 유비쿼터스 인프라를 항만에 구축하여 수출입 물류에 활용하는 u-Port화 계획을 수립하고 있다.

RFID는 정보를 담고 있는 태그(Tag)와 안테나로 이루어진 무선인식용 칩을 말하며 리더와 안테나의 상호작용에 의해 리더가 태그의 정보를 비접촉 방식으로 읽어 들여 정보시스템에 전송하게 된다. RFID는 바코드를 대체할 차세대 인식기술로 많은 정보의 저장, 높은 인식률, 비 접촉형 인식매체, 긴 도달거리, 다른 통신망과의 연계 및 통신 가능성 등의 확장성으로 인해 물류/유통, 군사, 식품/안전 등 모든 산업에 있어 킬러애플리케이션으로서 막대한 영향을 끼칠 전망이다(Kim, 2004).

표 1. 국내 주요 RFID 적용 사례

적용 지역	사업 주체	내용
한국	산업 자원 부	2004년4월27일 RFID의 유통물류분야 시범사업을 삼성테스코 컨소시엄, CJ GLS 컨소시엄 2개 업체가 진행 삼성테스코는 화장지 및 커피믹스의 팔레트 및 박스에 RFID태그를 부착하여 시범테스트 진행 CJ GLS는 물류센터를 대상으로 팔레트 및 박스의 입고고 프로세스에 대한 시범사업 진행
	정보 통신 부	2004년도 공공기관 RFID 적용 시범사업 진행 -조달청의 물품관리 시스템 구축 -국방부의 탄약관리 시스템 구축 -산업자원부의 수출입국가물류 인프라 지원사업 -국립수의과학검역원의 수입쇠고기 추적 서비스 체계 구축 -한국항공공사의 항공수화물 추적통제시스템 구축 -해양수산부의 항만물류 효율화 사업
		하이 너스
		2005년도 공공기관 RFID 적용 시범사업 진행 -환경부의 감염성폐기물 관리시스템 -국방부 공군본부의 F-15K 부품관리 시스템 구축 -통일부의 개성공단 기반 구축 사업 -강원도의 대관령 한우 시스템 구축 -인천광역시의 항공화물 RFID 시범사업 -국립현대미술관의 u-Museum 서비스
		2006년도 공공기관 RFID 확산사업 -국방부의 RFID를 활용한 u-국방탄약관리 확산 사업 -해양수산부의 RFID 기반 항만물류 효율화 사업 -환경부의 RFID기반의 감염성폐기물 관리시스템 확산 구축 -통일부의 RFID 기반기술을 이용한 개성공단 통행, 통관시스템 및 물류 기반 구축

표 1과 2는 최근 국내외에서 수행된 RFID 기술의 산업 적용사례를 보여주고 있다. 국내의 경우 정부주도로 조달, 국방, 수의, 물류, 공항관리 등의 5개 분야에 대해서 1차 시범사업이 진행되었으며 현재 2차 시범사업이 진행 중에 있다. 이 중 항만물류와 관련해서는 해양수산부 주도로 2004년 1월부터 2004년 8월까지 부산항을 대상으로 RFID기반 항만물류 효율화 사업을 시범 사업으로 추진하였으며, 2006년부터 2008년까지 110억원을 투입해 본격적인 u-Port 시스템 구축에 들어갈 예정이다.

미국의 경우 911테러 이후 국가보안에 대한 관심이 높아지면서 미국으로 반입되는 모든 컨테이너에 대해 2007년부터 RFID 태그를 부착하도록 하는 정책을 추진하고 있다. 이에 따라 국내 해운물류 업계는 물론 정부 차원의 대응책 마련이 시급하다는 목소리가 높아지고 있다.

표 2. 국외 주요 RFID 적용 사례

적용 지역	사업주체	내용
EU	Marks & Spencer	식품 사업부를 대상으로 Tray 추적 관리를 통한 재고관리의 목적으로 RFID 도입
	Tesco	도난경보, 상품의 진열 상태 파악 목적으로 도입
	Metro	팔레트, 박스 등에 RFID 도입
	Sun	스코트랜드 린드리고에 RFID 시험센터 설립, 유저컨퍼런스 개최, SCM 원가에 막대한 비용절감 효과 연구 및 프라이버시 침해에 관한 연구 진행
미국	연방통신 위원회	2005년부터 미국내 반입하는 컨테이너를 대상으로 RFID태그 부착 강제규정 승인
	월마트	거래처 상위 100개사에 2005년을 기해 케이스, 팔레트 단위로 RFID부착
	국방성	군납이처에 태크부착 의무화 발표(03.12)
	Target	대규모 디스카운트 스토어, 중/고가 브랜드 상품에 RFID 부착, 단품단위(03.12)
	질레트	면도기날에 RFID 칩 삽입, 상품추적을 통해 연간 3,000달러의 도난 피해 최소화 및 물류비용 감축 목표
	라스베가스 맥캐런 국제공항	승객의 수화물처리 실패율이 15-30%까지 줄이기 위해 승객 수화물 추적 시스템 프로젝트 시작
	GAP	각 제품에 RFID 부착. 배송센터부터 점포까지 추적
	Ford 자동차	각 부품에 RFID 부착. 조립라인의 부품 재고를 관리
	Associated food Stores	트럭에 RFID 부착. 물류센터 입구에서 도어의 우치 냉장실의 적재상황을 판독하여 출고시에 차질없이 유도하여 물류센터의 가동률 향상
일본	JR철도	수송화물의 적입과 하역에 있어서 모든 포크리프트에 RFID Re/Writer와 GPS를 장착, 송수신처리를 위한 시스템 구비
	ANA/나리타 공항 관리공단	화물 수취/전담 서비스로 화물에 RFID 부착하여 화물정보를 관리, 화물수취서비스 제공

이처럼 국내외적으로 항만물류 대한 RFID 현업적용이 가시권에 들어오게 되었으나 아직까지 국내의 경우 RFID적용 항만물류 관련 연구는 매우 미미한 상황이며 실제 RFID가 현업에 적용되기까지는 많은 기술적, 정책적 어려움이 예상된다. 따라서 본 연구에서는 실제 항만을 대상으로 RFID적용 실증실험을 수행하고 그 결과를 분석하여 최적의 RFID 적용 모델을 제시하고 RFID 기능을 현업에 적용 시 이슈를 제시하여 사전에 이를 인식하여 대처할 수 있도록 한다.

본 연구에서는 인천의 S컨테이너 터미널을 대상으로 실증실험을 실시하였다. 인천항만의 컨테이너 처리 업무 중에서 RFID 적용이 가장 용이하고 빠른 적용효과를 기대할 수 있는 게이트 컨테이너 반출입 업무를 대상으

로 RFID 적용 실증 실험을 수행하였다. 실증실험을 통해 최적의 컨테이너 차량 이동 속도, RFID 태그 부착 위치, 안테나 각도 등을 제시하고자 한다. 아울러 RFID 기술의 항만 현업 적용 시에 발생할 수 있는 이슈를 조사하고 이슈별 대안을 제안하고자 한다.

2. 업무프로세스 분석 및 설계

2.1 실증실험 대상

실증실험은 인천의 S컨테이너 터미널을 대상으로 하였다. 터미널 시설 장비에 대해서 간략히 살펴보면 트랜스퍼 크레인 6기, 젠트리 크레인 3기, 야드 트레일러 13대, 게이트 5개를 보유하고 있으며 동시에 2대의 선박을 접안할 수 있고, 야드 크기는 6,596TEU이며 한 해 동안 최대 400,000TEU를 처리할 수 있다.

2.2 터미널 게이트 AS-IS 컨테이너 반/출입 프로세스

현재 S 컨테이너 터미널의 게이트에서의 컨테이너 반/출입 업무 프로세스는 다음과 같다.

- ① 선사는 컨테이너터미널에 본선 작업 요청한다.
- ② 선사는 운송업체에 컨테이너 반입 요청한다.
- ③ 운송업체는 COPINO(사전 반/출입 정보)를 컨테이너 터미널에 제공한다.
- ④ 컨테이너차량 기사는 차량번호, 야시번호를 게이트 입/출입 담당자에게 보고하고, 게이트 입/출입 담당자는 슬립(Slip) 발행하며 동시에 게이트 요원들은 컨테이너 상태 검사한다.
- ⑤ 컨테이너 차량 기사는 지정받은 야드로 이동하여 컨테이너 적출한다.
- ⑥ 컨테이너 반출시에는 선사가 운송업체에 반출을 요청하고 운송업체는 COPINO정보를 컨테이너 터미널에 제공한 후 게이트 통과한다. 컨테이너차량 기사는 반출할 컨테이너를 적재한 후에 위의 ④번 작업을 진행한 후 게이트를 통과한다.

수출입 컨테이너의 게이트 자동 반출입 처리를 위해, 사전 반출입 예약 자료를 접수하고 있으나 정보의 정확도가 낮고, 적시성이 결여되어 있다. 또한 반입 컨테이너 정보처리가 자동화된 바코드 시스템으로 이루어지고 있으나 차량정지 후 바코드 인식, 차량과 컨테이너의 일치 여부 대조, 컨테이너 이상 유무 확인, 컨테이너 봉인 여부 확인 등의 추가 작업에 따른 반/출입 시간 증가 등의 문제점이 있다.

2.3 터미널 게이트 TO-BE 컨테이너 입/출입 프로세스

게이트 반/출입 프로세스에 RFID를 적용할 경우의 업무 프로세스는 다음과 같이 설계될 수 있다.

- ① 선사는 컨테이너터미널에 본선 작업 요청한다.
- ② 선사는 운송업체에 컨테이너 반입 요청한다.
- ③ 운송업체는 COPINO(사전 반출입 정보)를 컨테이너 터미널에 제공한다.
- ④ 운송사의 컨테이너차량은 터미널 게이트의 RFID 리더기를 통과하여 진입한다. 이때 차량에는 차량정보가 담겨있는 900MHz의 RFID 태그가 부착되어 있고, 컨테이너에는 컨테이너와 컨테이너의 내용물에 대한 정보가 있는 433MHz의 태그가 부착되어 있으며, 컨테이너 후문에 433MHz의 e-seal 태그를 부착하여 현재 컨테이너 잠금 상태를 체크하게끔 한다.
- ⑤ 터미널은 RFID 리더기로 읽은 정보를 기준으로 슬립을 작성하고, 컨테이너차량은 터미널로부터 슬립정보를 PDA와 같은 무선터미널 장비로 전송받아서 이를 이용하여 배정된 야드 위치로 이동하여 컨테이너를 적출
- ⑥ 컨테이너 반출시에는 선사가 운송업체에 반출을 요청하고 운송업체는 COPINO정보를 컨테이너 터미널에 제공한 후 게이트 통과한다. 이때 차량에 부착된 900MHz의 RFID 태그를 RFID 리더기가 인식하여 컨테이너차량은 터미널로부터 슬립정보를 PDA와 같은 무선터미널 장비로 전송받아서 적재할 컨테이너가 있는 야드로 이동한다. 반출할 컨테이너를 적재한 후에 컨테이너차량은 터미널 게이트의 RFID 리더기를 통과하여 나간다. 이때, 위의 ④와 같은 과정을 거치게 된다.

위에서 제시한 To-Be 프로세스의 구현을 위해서는 RFID 기술의 현업적용에 앞서 실증실험을 통한 기술적 적용 가능성 평가 및 분석이 필요하다. 특히 RFID 태그의 인식률에 대한 평가, 분석이 핵심적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 차량 부착용 900MHz 태그와 컨테이너 부착용 433MHz 태그와 e-seal 태그에 대해 실증실험을 수행하여 여러 가지 외부 조건별 태그 인식률을 측정하고 현업 적용 시 발생 가능한 이슈들을 도출하고 분석하였다.

3. 실증실험

실증실험에서는 S 컨테이너 터미널 게이트에서 차량 부착용 900MHz 수동형 태그와 433MHz 능동형 태그(e-seal)에 대한 상황별 인식률을 측정하고자 한다. 실험의 세부목표는 다음과 같다.

- ① 상황별 RFID 태그 인식률 측정
- ② 900MHz RFID 태그의 차량 최적 부착 위치 결정
- ③ 900MHz RFID 리더기 안테나 최적 각도 결정
- ④ 433MHz RFID 태그의 컨테이너 최적 부착 위치 결정
- ⑤ 차량 최적 이동 속도 결정

3.1 실증실험 진행 단계

실증실험 수행 중 발생할 수 있는 시행착오를 최소화 하고 비용부담을 줄이기 위해서 3단계로 실험을 진행하였다. 1단계는 랩실험으로 실증실험에 사용되는 장비에 대한 셋업 및 작동 테스트와 장비간의 인터페이스 설정을 하는 단계이다. 2단계는 예비실험으로 리더기, 안테나, 구조물 등 실험에 사용되는 장비들을 현장에 설치한 후 SUV(카니발) 차량을 이용하여 태그 인식실험을 수행함으로써 안테나 각도, 태그 부착 위치, 차량 속도 등의 실험조건들에 대한 적정 실험범위를 찾고 실증실험 중 발생할 수 있는 문제점을 사전에 파악, 조치하는 단계이다. 3단계는 본 실증실험으로 컨테이너 수송트럭을 사용하여 태그의 차량 부착위치, 안테나 각도, 차량 속도 등의 상황변화에 따른 인식률을 측정하는 단계이다.

① 1단계(랩실험)

- 기간 : 2006년2월1일 ~ 2006년2월28일
- 실험시간 : 오전 9시 ~ 오후 6시
- 실험내용:
 - 장비셋업
 - 장비동작 확인
 - 장비간의 정보흐름 등 연결부분 체크

② 2단계(예비실험)

- 기간 : 2006년3월6일 ~ 2006년3월21일
- 실험시간 : 오전 9시 ~ 오후 6시
- 실험내용:
 - 구조물 및 900MHz RFID 장비 항만터미널 게이트 설치
 - 장비 및 시스템 동작 점검
 - SUV차량과 900MHz RFID 장비를 이용하여 예비 실험 수행

③ 3단계(실증실험)

- 기간 : 2006년3월22일 ~ 2006년4월7일
- 실험시간 : 오전 9시 ~ 오후 6시
- 실험내용:
 - 433MHz RFID 장비 동작 점검
 - 실제 컨테이너 및 컨테이너 차량과 900MHz 및 433MHz RFID 장비를 이용하여 실증실험 진행

3.2 예비실험

(1) 900MHz 정지 인식 거리 실험

900MHz RFID 태그의 차량인식 최적 각도를 찾기 위해 실험을 시행하였다. 그림 3과 같이 벽면을 기준으로 안테나 각도를 그림 3과 같이 15°, 30°, 45°, 60°, 75°로 설정하고 거리를 1M에서 시작하여 1M씩 증가시켜 가면서 인식하지 못할 때까지 인식 실험을 진행하였다.

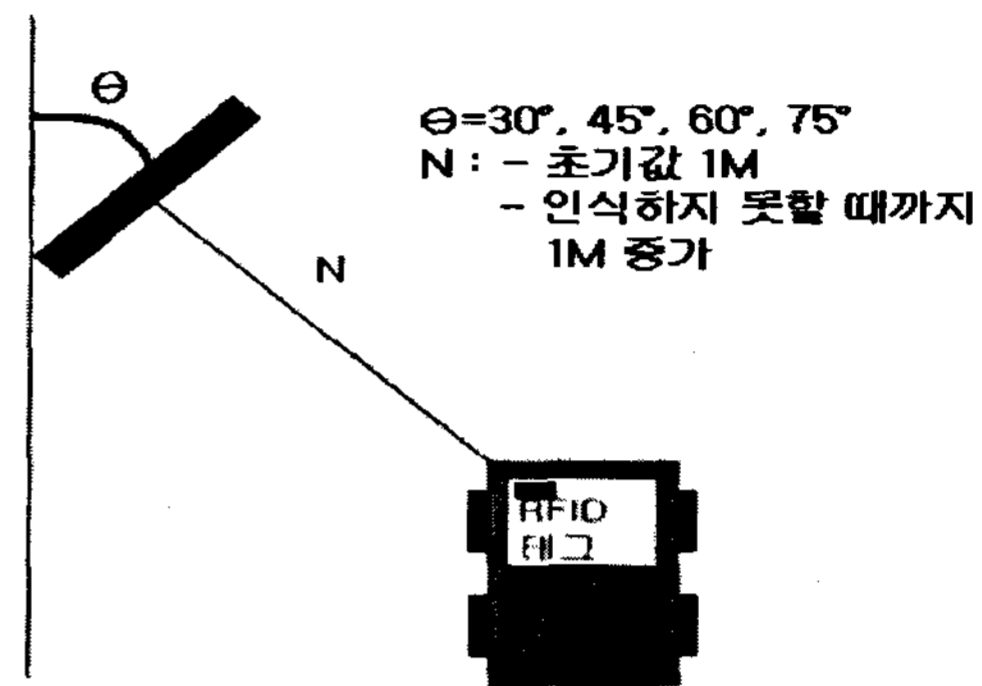


그림 3. 안테나 각도 조절

(1)의 과정을 통해서 그림 4의 결과를 얻었는데 그림에서 보듯이 안테나의 각도는 인식거리에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 안테나 각도 별 인식거리로는 45° ~ 75°에서 가장 좋은 인식률을 보였다.

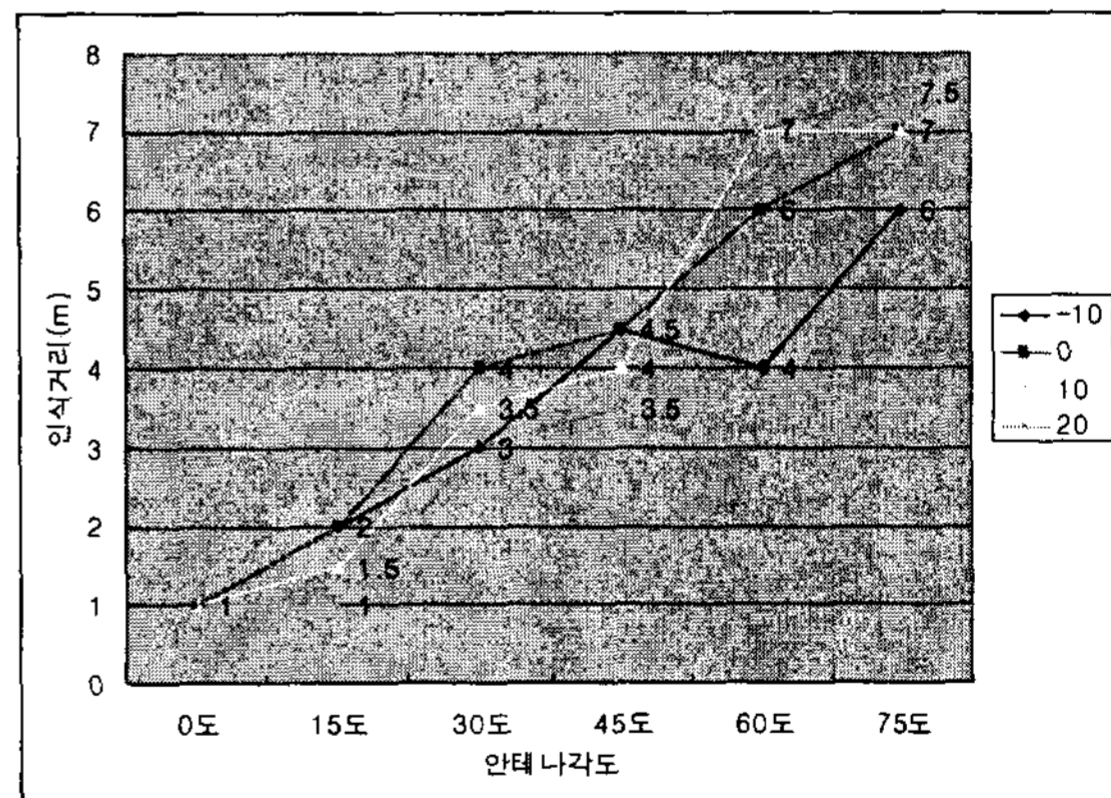


그림 4. 안테나 각도별 전체 그래프

(2) 900MHz 이동 인식 거리 실험

트럭에 900MHz RFID 태그를 장착하기 전에 차량 이동 시 RFID의 인식률을 확인하기 위해 SUV를 이용하여 이동 실험을 실시하였다.

실험의 인자로는 태그의 부착 위치, 안테나 각도로 하였다. 안테나 각도는 30°, 45°, 60°, 75°로 설정하였고 태그의 부착위치는 그림 5처럼 135CM를 기준으

로 -20CM, -10CM, 0CM, +10CM, +20CM 하였다. 실험은 각 인자를 조합하여 실험을 진행하였다.

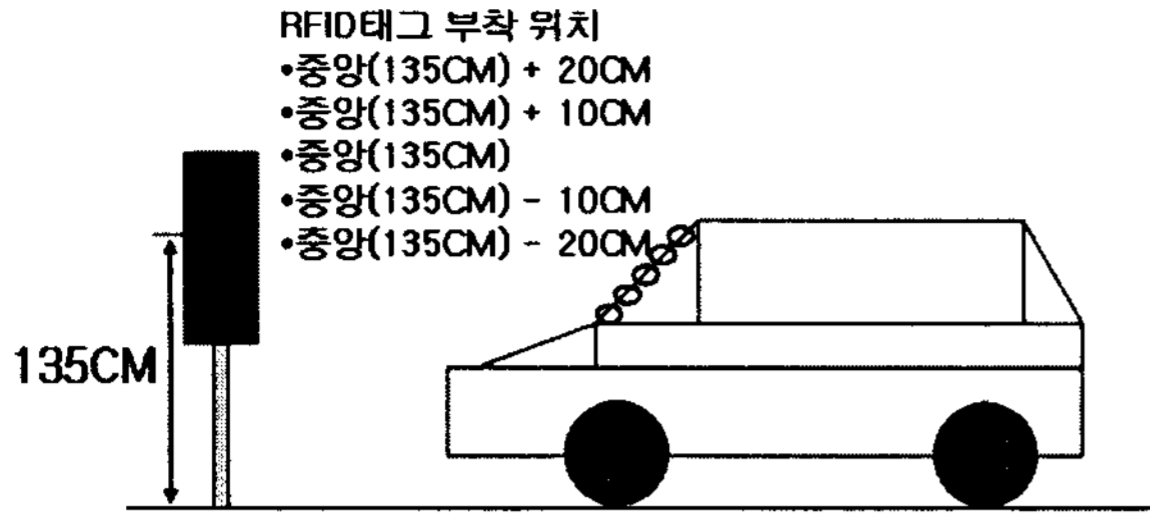


그림 5. SUV RFID 태그 부착 위치

900MHz 이동 인식 거리 실험을 통하여 안테나 부착 위치는 각도 별로 크게 차이는 나지 않지만 SUV 유리의 중앙 부분(135CM)보다 약간 아래쪽이 인식이 조금 더 좋은 것으로 나타났다.

3.3 실증실험

(1) 900MHz 태그에 대한 차량 이동시 인식을 실험

그림 6과 같이 900MHz RFID를 트럭에 부착하여 속도와 안테나 각도, 태그 부착 위치를 인자로 하여 실험을 실시하였다. 안테나 각도는 30°, 45°, 60°, 75° 태그부착 위치는 220CM를 기준으로 -30CM, -15CM, 0CM, +15CM, 차량이동속도는 10KM, 20KM, 30KM 로 설정하였다.

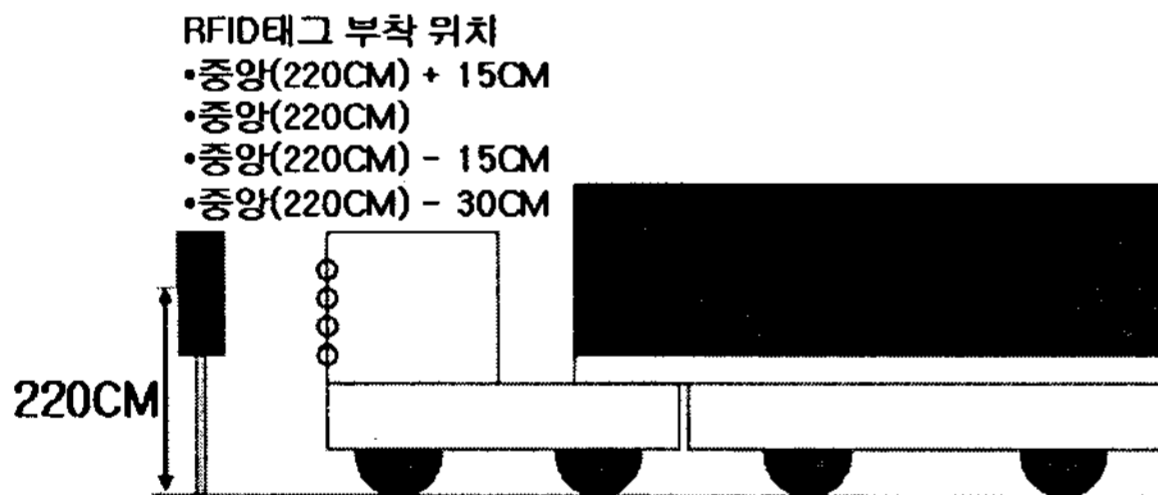


그림 6. 900MHz RFID 트럭 인식 거리 실험

(2) 433MHz 태그에 대한 차량 정지시 인식을 실험

433MHz의 RFID 태그를 컨테이너에 부착하여 인식을 알아보는 테스트를 실시하였다. 부착 위치는 그림 7과 그림 8과 같이 컨테이너 밀면에 9개, 컨테이너 문의 내부에 9개, 문 외부에 9개의 태그를 부착하였고, 433MHz 리더기의 위치는 그림 9와 같이 컨테이너의 앞, 중앙, 뒤에 맞추어 테스트를 진행하였다. 안테나를 설치하기 위해서 구조물을 제작하였고, 안테나 높이는 5M이다.

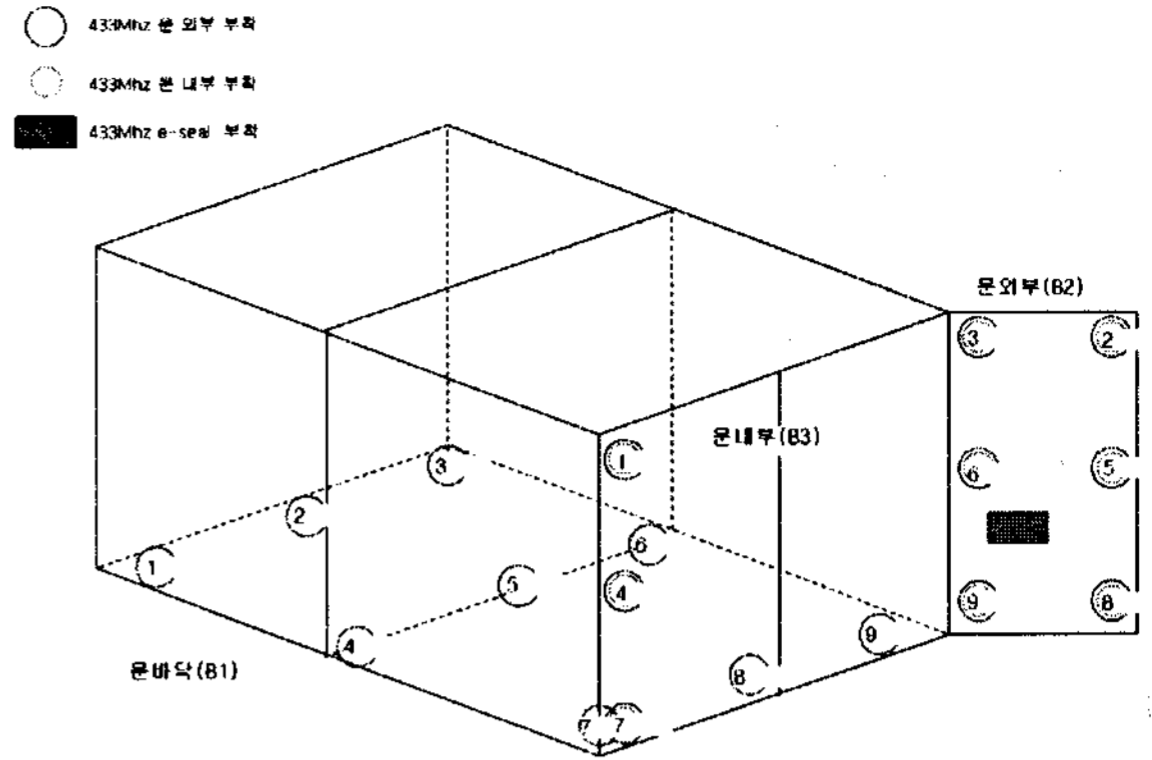


그림 7. 433MHz RFID 태그 컨테이너 부착 위치

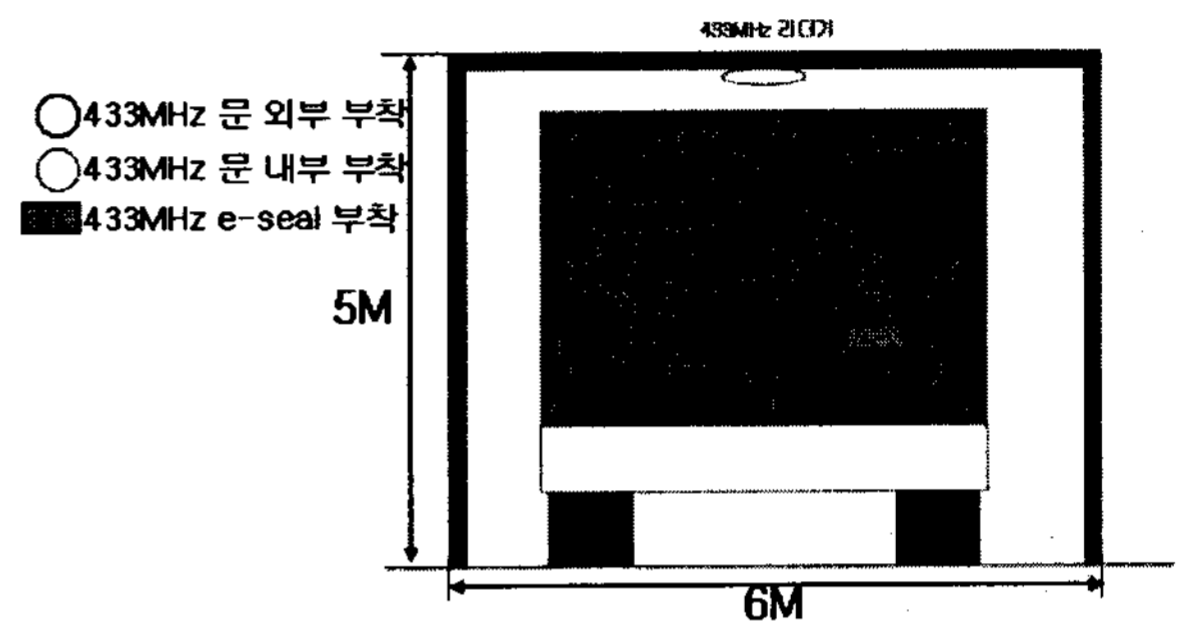


그림 8. 433MHz RFID 태그 차량 후면 부착 위치

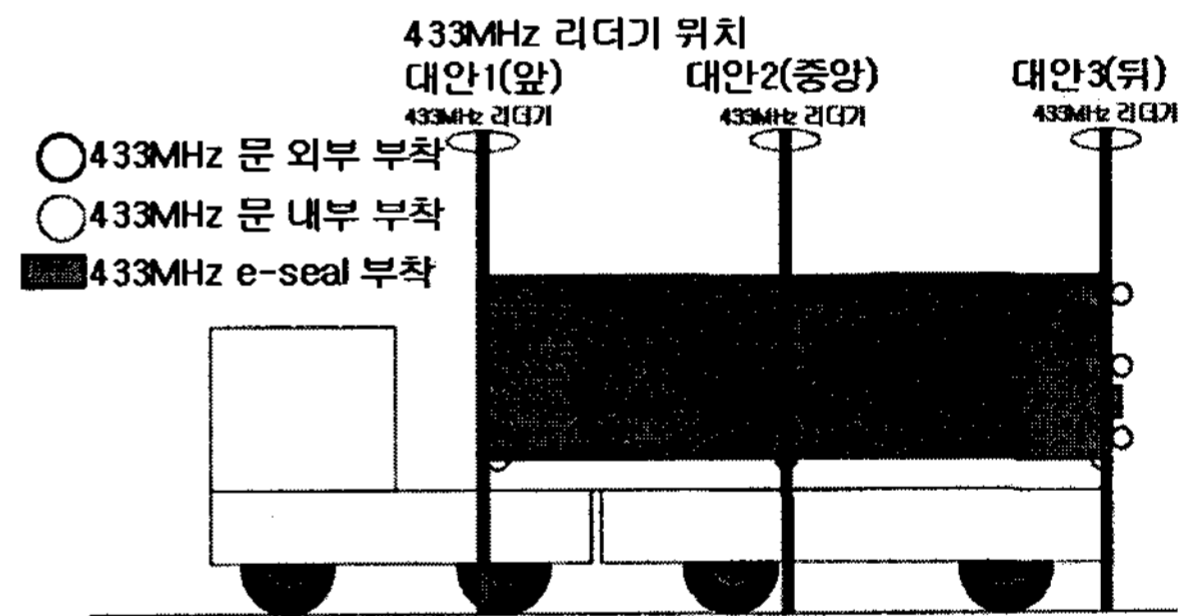


그림 9. 433MHz RFID 트럭 정지 실험 리더기 위치

(3) 433MHz 태그에 대한 차량 이동시 인식을 실험

그림 8과 같이 컨테이너에는 433MHz 태그를 부착하여 100회에 걸쳐 반복하여 리더기를 통과시키는 이동 인식 실험을 실시하였다.

4. 실증실험 결과 분석

4.1 900MHz 태그에 대한 차량 이동시 인식을 실험 결과 분석

표 5는 900MHz RFID 태그에 대한 차량 이동 인식을 실험 결과 차량 속도, 안테나 각도, 태그 부착 위

치 별 별 인식률을 나타낸다. 표에서 안테나의 각도는 A, 차량 속도는 B, 태그 위치는 C로 나타낸다.

표5. 900MHz 태그 사용 차량 이동실험 인식률
단위 : %

각도		30°(A1)	45°(A2)	60°(A3)	75°(A4)
차량속도	태그높이	인식률	인식률	인식률	인식률
10KM (B1)	-30CM(C1)	90	90	100	70
	-15CM(C2)	100	100	100	100
	0CM(C3)	40	100	100	100
	+15CM(C4)	40	70	100	80
20KM (B2)	-30CM(C1)	20	30	50	70
	-15CM(C2)	40	100	100	100
	0CM(C3)	60	60	20	0
	+15CM(C4)	40	70	80	70
30KM (B3)	-30CM(C1)	0	50	70	60
	-15CM(C2)	70	100	100	100
	0CM(C3)	30	0	0	0
	+15CM(C4)	70	50	60	60

- 인자 : A(각도), B(속도), C(태그부착위치)
- 태그 높이는 135CM를 기준으로 +-하였다

각도, 속도, 위치 세 가지 요인들이 인식률에 미치는 영향을 알아보기 위해 ANOVA 분석을 실시하였다. 표 6은 ANOVA 분석 테이블을 나타낸다.

표6. 900MHz 태그 사용 차량 이동실험 ANOVA 분석 테이블

요인	SS	DF	MS	F0	F (0.9)	F (0.95)	F (0.99)
A	3739.58333	3	1246.52778	2.17	2.38	3.10	4.94
B	11304.16667	2	5652.08333	9.86**	2.59	3.49	5.85
C	15689.58333	3	5229.86111	9.12**	2.38	3.10	4.94
AXB	579.16667	6	96.52778	0.17	2.09	2.60	3.13
AXC	2635.41668	9	292.82408	0.51	1.96	2.39	3.46
BXC	6929.16668	6	1154.86111	2.01	2.09	2.60	3.13
e	10320.83331	18	573.37962				
T	51197.91667	47					

- 인자 : A(각도), B(속도), C(태그부착위치)

표 6에서 각 인자 사이에 교호작용이 없는 것을 알 수 있다. 따라서 교호요인들은 모두 오차에 풀링하여 표 7과 같이 다시 나타내었다.

표7. 900MHz 태그 사용 차량 이동실험 ANOVA 분석 테이블 (풀링 후)

요인	SS	DF	MS	F0	F (0.95)	F (0.99)
A	3739.58333	3	1246.52778	2.38	2.76	4.13
B	11304.16667	2	5652.08333	10.77**	3.15	4.98
C	15689.58333	3	5229.86111	9.97**	2.76	4.13
e	20464.58334	39	524.73290			
T	51197.91667	47				

표 7의 ANOVA 분석 테이블 의하면 B, C 인자는 독립적으로 유의 하다는 것을 알 수 있다. 이는 차량 속도와 태그 부착 높이가 인식률에 독립적으로 큰 영향을 미친다는 것을 의미한다.

독립적으로 유의한 인자 B, C에 대해서 인자별 인식률이 가장 좋은 조건을 보면 차량 속도는 10KM(B1), 태그 부착 높이는 기준 높이에서 -15CM(C2) 낮은 205CM이다.

각도는 인식률에 별 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다지만 표 5를 살펴보면 60°, 75°에서 좋은 것을 명시적으로 알 수 있다.

인식률이 가장 좋은 10KM(B1), -15CM(C2)에 대해 수식(1)을 사용하여 95% 신뢰구간 추정하면 결과는 다음과 같다.

$$u() = \bar{x} \pm t_{0.975}(r) \sqrt{\frac{V_e}{\text{반복수}}} \dots\dots\dots(1)$$

$$u(B_1) = 80.52 \sim 91.98$$

$$u(C_2) = 85.89 \sim 99.11$$

$$u(B_1 C_2) = 97.59 \sim 100$$

위의 결과에서 가장 좋은 인식률을 보이는 10KM(B1)의 차량 속도와 -15CM(C2)의 태그 부착 높이의 두 가지 조건 하에서는 95% 신뢰구간에서 인식률이 97.59%이상인 것을 알 수 있다.

표8. 433MHz 태그 사용 차량 정지실험 인식률
단위 : %

상세위치(C)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
리더기 위치 (A)	위치 그룹 (B)	인식률	인식률	인식률	인식률	인식률	인식률	인식률	인식률	인식률
앞	바닥	99	100	96.2	100	97.9	99.6	97.5	95.3	98.3
	문외부	98.6	100	100	99.6	99.2	100	100	100	100
	문내부	93.4	100	99.2	100	99.6	99	100	92.3	99.6
중간	바닥	96.6	100	99.6	99.6	100	100	78	94.8	88.2
	문외부	100	99.6	100	99.5	100	99.6	97.6	99	95.6
	문내부	99.3	99	98.9	98.9	98.3	98	98.6	99.6	86.5
뒤	바닥	97.6	96.2	100	100	99	99	98.6	99.6	98
	문외부	97	99	98.3	99	98	100	100	100	99.2
	문내부	100	99	100	99.3	98	96.6	100	97	100

- 인자 : A(리더기 위치), B(위치 그룹), C(상세위치)

4.2 433MHz 태그에 대한 차량 정지 인식률 실험 결과 분석

433MHz RFID 태그를 컨테이너에 부착하여 RFID

리더기의 위치별, 태그 부착 위치별로 나누어 정지 테스트를 수행한 결과는 표 8과 같다.

표 9는 표 8에 대해 ANOVA분석을 실시한 결과이다.

표9. 433MHz 태그에 대한 차량 정지 인식률 실험의 ANOVA 분석 테이블

요인	SS	DF	MS	F0	F (0.9)	F (0.95)	F (0.99)
A	429.38563	2	214.69282	6.57**	2.30	3.0	4.61
B	469.87452	2	234.93726	7.19**	2.30	3.0	4.61
C	1070.82267	8	133.85283	4.09**	1.67	1.94	2.51
AXB	332.16252	4	83.04063	2.54*	1.94	2.37	3.32
AXC	4183.6477	16	261.47798	8.00**	1.42	1.57	1.88
BXC	1342.72548	16	83.92034	2.57*	1.42	1.57	1.88
AXBXC	821.73748	32	25.67930	0.79	1.24	1.32	1.47
e	23835.7	729	32.69643				
T	32486.056	809					

- 인자 : A(리더기 위치), B(위치 그룹), C(상세위치)

결과 데이터들에서 값이 큰 차이가 나지 않아 A(리더기 위치), B(위치 그룹), C(상세위치) 인자 사이의 관계 찾기는 쉬우나 공통의 결과를 보여주는 최적조건이 유효하지 않음을 표 9에서 알 수 있다. 따라서 세 가지 인자를 동시에 만족시키기는 어렵고 ANOVA 테이블에서 만족하는 2개의 인자 사이의 교호작용에 대한 최적조건을 구해서 서로의 관계를 알아보았다. 수식(1)에 의해서 95% 신뢰구간 추정했을 때 결과는 다음과 같이 나타났다.

$$u(A_1C_2) = 96.46 \sim 100$$

$$u(A_1B_2) = 96.17 \sim 100$$

$$u(B_1C_4) = u(B_2C_6) = 96.32 \sim 100$$

2개의 인자 사이의 교호작용 결과값을 보면 A1(리더기 위치 앞) 상황에서 B2(태그위치 : 문 외부)와 C2(태그 세부위치 : 2번 위치) 조건일 때와 B1(태그위치 : 바닥)과 C4(태그 세부위치 : 4번 위치) 조건이 최적의 결과를 나타내고 있다.

95%신뢰구간에서 다음과 같은 결과값을 얻을 수 있었다.

- 리더기 위치가 컨테이너의 앞(A1)일 경우 2번 위치(C2)의 인식률이 96~100%이다.
- 리더기 위치가 컨테이너의 앞(A1)일 경우 문 외부(B2)에서 인식률이 96~100%이다.
- 태그부착위치가 컨테이너의 바닥(B1)일 경우 바닥 쪽 4번 위치(C4), 태그 부착 위치가 문 외부(B2)일 경우 6번 위치(C6)에서 인식률이 96~100%이다.
- 종합적으로 리더기가 컨테이너의 앞에서 위치할 때 문외부의 2, 4, 6 즉 모서리의 중점일 때 인

식이 가장 잘 되는 것으로 나타났다.

4.3 433MHz 태그에 대한 차량 이동시 인식률 실험 결과 분석
433MHz RFID 태그를 그림 10과 같이 컨테이너 후문 외부 가운데 위치(통상 e-seal의 위치)에 부착하여 100회 반복 테스트를 실시하여 차량 이동시 인식률을 조사하였다. 차량속도는 랜덤으로 하여 리더기를 통과시켰다. 그 결과는 100%인식률을 보였다.

4.4 최적의 태그 부착 위치와 차량 이동 속도
실증실험을 통해서 컨테이너 터미널 게이트에 RFID 도입을 위해서 다음 조건에서 최적의 결과를 얻었다.

- 900MHz RFID 최적 환경값
 - 안테나 각도 : 60, 75
 - 태그 높이 : 중앙으로부터 -15CM
 - 차량 운전 속도 : 10Km 미만
- 433MHz RFID 최적 환경값
 - e-Seal : 차량 후문 (100%인식)
 - 차량인식을 위한 태그 : 차량후문 외부(100%인식)

실증실험에서 433MHz e-seal 태그의 인식거리가 너무 길어서 실제로 게이트를 통과 여부와 게이트 통과 시간 등에 대한 정확한 정보를 알기가 어려웠다. 따라서 차량에 부착한 900MHz 태그와 433MHz 태그를 조합하여 사용할 때 컨테이너와 컨테이너의 내용물에 대한 정보를 정확하게 판단 할 수 있을 것이다.

실증실험에 통해서 RFID의 현재 기술로도 충분히 항만 터미널 게이트에 적용이 가능함을 알 수 있었다.

5. 토의 및 결론

본 연구에서 실증실험을 진행에서 도출된 주요 이슈와 이슈에 대한 해결 방안 살펴보면 다음과 같다.

- ① 게이트에서의 컨테이너 상태 검사에 따른 게이트 통과 지연
 - 원인
 - 컨테이너터미널에서 선사의 컨테이너를 관리하는 On-Dock 계약에 따른 컨테이너 관리
 - 게이트 입/출입시 컨테이너 이상유무 검사
 - 해결방안
 - X-ray 검사기를 도입하거나 스마트센서기술을 도입
- ② 433MHz의 어플리케이션에서 컨테이너가 게이트에 통과하는 정확한 순간에 433MHz 능동형 태그 인식 확인의 어려움

- 원인
 - 433MHz 능동형 태그의 인식거리가 100M정도로 너무 길기 때문에 게이트 통과하기까지 어플리케이션이 같은 태그를 중복 인식하고 아직 게이트를 통과하지 않은 컨테이너도 통과한 것으로 인식
 - 해결방안
 - 433MHz 능동형 태그의 출력을 조절
 - 컨테이너 부착용 433MHz 능동형 태그와 차량부착용 900MHz의 수동형 태그를 같이 사용
 - ③ 종이 슬립 발행에 따른 차량 정지로 인해 게이트 통과 지연
 - 원인
 - 컨테이너 반입 시 적재할 야드 정보 등이 기재된 종이 슬립 발행
 - 컨테이너 반출시 반출 컨테이너 정보 등이 기재된 종이 슬립 발행
 - 해결방안
 - PDA 등과 같은 무선 단말기를 사용하여 입/출입 정보를 송수신 받음
 - ④ 20피트짜리 컨테이너 2개를 같이 이동 할 경우 컨테이너 태그 인식 문제
 - 원인
 - 20피트 컨테이너 두 개를 이어서 한 차량으로 이동할 때 컨테이너에 부착된 태그를 구분하여 인식하기 어려움
 - 해결방안
 - 차량에 900MHz 수동형 태그 정보를 이용하여 컨테이너 정보 파악하거나 컨테이너 부착용 433MHz 능동형 태그 정보와 차량부착용 900MHz의 수동형 태그 정보를 조합하여 사용
 - 미들웨어에서의 인식충돌방지 알고리즘 사용
 - ⑤ 타 컨테이너 터미널, 선사, 운송업체 생산업체간에 RFID 도입 시 협조 문제
 - 원인
 - RFID를 적용하여 통합적인 시스템을 구축하지 않으면 제대로 된 효과를 기대할 수 없으며, 시너지 효과도 기대하기 어려움
 - RFID 도입 시 발생하는 업무프로세스의 변경으로 RFID 도입 후 안정화까지 다양한 문제가 발생 가능
 - 해결방안
 - 국가적인 차원에서 정책적 지원이 필요
 - RFID를 도입을 위한 다양한 연구의 진행과 수행한 연구 결과의 공유
- 향후 발전된 신물류시스템을 개발하여 항만터미널에 실제 적용할 때 본 연구결과는 기초자료로 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 본 연구에서 수행한 실증실

험을 야드관리, 창고관리, 선적/하역 등에 확대 적용할 수 있을 것이다. RFID를 항만 물류전반에 적용하기 위해서는 적용하였을 때 업무 프로세스 개선이 선행되어야 하고, 개선된 업무 프로세스와 기존의 업무 프로세스와의 성능평가가 진행되어 개선효과에 대한 정량적인 평가가 이루어져야 한다.

본 연구에서 수행한 RFID 현장적용을 통해서 얻은 결과와 경험을 토대로 RFID 기술의 항만 현업적용을 위해서는 앞으로 항만 업무프로세스의 개선 작업이 필요하다. 그리고 항만에 적용할 RFID는 향후 국제적으로 통용이 가능한 RFID의 표준기술을 사용하여야 한다. 또한 항만터미널에만 국한되지 않고 제조업체, 운송업체, 선박회사, 세관 등 관련 업체 및 기관에 일괄적으로 적용하여 그 효과를 높이기 위해서는 중요성을 인식하고 국가 차원에서 RFID 기술 도입 사업이 추진되어야 하겠다.

6. 참고문헌

- Choi, S. I. and Jeong, J. S.(2005), A Study on Networks of Advanced Logistics Clusters for Promoting the Korean Ports's Efficiency, Korea Logistics Review, 15(1), 5-24.
- Chang, M. H. and Noh, M. J.(2005), RFID Case Study of Domestic and Foreign Logistics using SWOT Analysis, Journal of Shipping and Logistics, No 47, 151-179.
- Kim, J. D.(2004), The Industrialization Plans of RFID for the Use of New Logistics Information Systems, Journal of Maritime Law and Commerce, 6(2), 171-191.
- Jang, M. H. and Lee, D. M.(2005), RFID introduction plan in distribution industry, 2005 Spring Conference of the Korea Society of Management Information System, 262-270.
- Kang, J. S.(2005), The Design and Implementation of Blood distribution System using RFID, The KIPS Transactions:PartA, 12 · A(5), 405-412.
- Kim, J. B.(2005), Introduction of RFID-based Fisheries Traceability, Ocean Policy Research, 19(2), 77-105.
- Min, D. K., Kim, E. J., Lee, E. J. and Seol, T. Y.(2006), Research on an Application Model of RFID Technology for patient Safety: A Case of Y Hospital, Entruue journal of Information Technology, 5(1), 91-102.
- <http://www.kora.or.kr/radar/200605/contents/19999.jsp>