RFID 기반의 자동화 게이트시스템 개발[1)]

An Automated Gate System Based on RFID Technology in a Container Terminal

최형림* · 박남규 · 박병주*** 유동호**** · 권해경***** · 신중조******
Choi, Hyung Rim · Park, Nam Kyu · Park, Byung Joo
Yoo, Dong Ho · Kwon, Hae Kyoung · Shin, Joong Jo**

〈목 차〉

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 컨테이너터미널 게이트시스템 현황
Ⅲ. RFID 기반 자동화 게이트시스템 설계
Ⅳ. RFID 기반 자동화 게이트시스템 개발
Ⅴ. 결론

Abstract : In order to become a mega hub port, major ports all over the world are making every effort to enhance their productivity through internal operation efficiency and introduction of the state-of-the-art technologies. They are not only installing various kinds of high-technology equipments, but also introducing advanced technologies for the development of an effective gate system. This study focuses on an identification system among many tasks to be done in a gate, trying to develop an automated gate system based on RFID (Radio Frequency Identification) technology. It can make effective gate operation in a

1) 본 연구는 해양수산부 차세대성장동력사업 “지능형 항만물류시스템 개발사업”의 무정차 자동화 게이트시스템 기술 개발 과제의 지원에 의하여 수행되었음.

* 동아대학교 경영정보과학부 교수
** 동명대학교 유통경영학과 교수
*** 동아대학교 경영정보학과 BK21 계약교수
**** 동아대학교 대학원 경영정보학과 박사과정
***** 동아대학교 대학원 항만·물류시스템학과 박사과정
****** 동아대학교 대학원 경영정보학과 석사과정

container terminal.

Key Word : Container terminal gate, RFID, Automated gate system

Ⅰ. 서 론

동북아지역에서의 컨테이너 물동량이 급증하고 있다. 환적화물 예상 물동량은 2011년에 1,320만TEU, 2020년에 2,100만TEU로 예측되고, 이는 초대형선, 즉 12,000~15,000TEU급 선박의 등장을 예고하고 있다.[2] 이에 각 항만은 내부의 운영 효율성 향상을 위해 다양한 측면의 운영 전략을 수립하고, 지능형 정보시스템 도입 및 이에 따른 조직의 체질 개선을 시행하고 있으며, 항만의 각 부문별 첨단 기술 도입을 통해 메가 허브포트를 구축하려는 노력을 가속화하고 있다.

국내·외 선진 자동화 컨테이너터미널을 볼 때 첨단 기술의 도입은 주로 컨테이너터미널 운영을 위한 정보시스템 및 운영 장비(CC, YT, TC 등)에 집중되어 왔으나, 최근 RFID(Radio Frequency Identification) 기술이 등장함에 따라 국내·외 컨테이너터미널 게이트에서 차량 및 컨테이너 인식의 자동화를 위한 노력이 진행되고 있다. 게이트 업무의 인식 자동화를 위해, 국내의 경우 대부분 바코드를 이용하고 있으며, 새롭게 개장한 부산신항의 경우처럼 OCR(Optical Character Reader) 기술을 도입한 곳도 있다. 국외의 경우는 미국, 홍콩 등에서 OCR 기술을 활용하여 차량 및 컨테이너 번호 인식을 하고 있다. 그러나 OCR 기술은 국내의 경우 인식률 저하로 인해 실패한 사례가 있고, 국외의 경우도 최대 95% 정도의 인식률을 보이는 OCR 기술로 인식 업무를 자동화하기보다는 기존의 인식 업무에서 또 하나의 확인 절차로 생각하고 기술을 활용하고 있는 실정이다.

RFID 기술은 미국에서부터 시작된 컨테이너 보안에 대한 강화 및 화물 추적 등의 이유로 국내·외에 관련 사업이 활발히 진행되고 있다. 국내의 경우 해양수산부가 중심이 되어 RFID 기반 항만물류 효율화 시범사업을 시행하였고, 향후 RFID 기반 항만물류 효율화 사업을 통해 RFID 기술을 항만에 본격적으로 적용할 계획을 갖고 있다. 본 연구에서는 이러한 환경 변화에 맞추어 현실적인 적용이 가능한 RFID 기술을

2) 해양수산부,「초대형 컨테이너선용 항만기술 연구」제1권, 2006, p. 1.

활용한 게이트 자동 인식시스템을 개발하고자 한다. 그리고 컨테이너터미널 게이트의 차량·컨테이너 번호를 인식하는 업무, 컨테이너 손상 및 차량의 이동 위치를 확인하는 업무, 컨테이너 봉인 등의 보안업무들 중 차량·컨테이너 번호를 인식하는 업무를 자동화 대상으로 한다. 이는 향후 컨테이너터미널 게이트 업무의 효율성 향상 및 보안강화 측면에서 기여하는 바가 클 것으로 예상되기 때문이다. 이를 위한 본 논문은 다음과 같이 구성된다.

Ⅱ장에서는 국내·외 컨테이너터미널 게이트시스템 현황을 파악하여, 어떠한 형태를 자동화 게이트시스템이라 할 수 있는지 분석한다. Ⅲ장에서는 RFID의 개념과 RFID 기반의 자동화 게이트시스템을 위한 장비구성과 실험을 수행한다. Ⅳ장에서는 Ⅲ장에서 제시된 프레임워크를 기반으로 개발된 각각의 시스템을 상세하게 설명하고, 추가적으로 실제 구축시 고려해야 할 사항을 제시하며 Ⅴ장에서는 본 연구의 기대효과 및 한계점, 향후 연구방향 등을 제시한다.

Ⅱ. 컨테이너터미널 게이트시스템 현황

이 장에서는 국내·외 컨테이너터미널 게이트에서 수행되는 다양한 업무를 위해 적용되어 있는 기술을 분석하고자 한다.

1. 국내·외 게이트시스템 현황

컨테이너터미널 게이트는 컨테이너터미널에서 보안상의 경계인 외곽에서의 출입구 외에 컨테이너터미널 내부 쪽 장치장 근처에 별도의 점검 장치를 갖춘 문처럼 생긴 구조물 또는 컨테이너터미널과 내륙 사이의 물리적인 인터페이스[3]로 정의된다. 이는 단순히 컨테이너터미널에 속해 있는 구조물 및 하드웨어적인 측면의 정의라 볼 수 있다. 그러나

3) 해양수산부,「초대형 컨테이너선용 항만기술 연구」제3권, 2006, p. 7.

컨테이너터미널 게이트는 구조물적인 역할뿐만 아니라 컨테이너터미널 정보시스템에 외부차량 및 컨테이너의 반출·입 정보를 제공하고 관련 정보를 기록, 보관하는 등 소프트웨어적 측면에서의 역할과 컨테이너의 이상 유무를 점검하고 외부차량의 진입방향을 지시하여 터미널의 처리 능력을 높여주는 운영적 측면의 역할도 갖추고 있다. 이러한 운영적 측면에서의 게이트는 컨테이너터미널에서 인식, 확인, 보안업무를 수행하며 외부차량 반출·입 승인, 컨테이너 이상 유무 점검, 외부차량 진입방향 지시 등의 기능을 보유한 관문으로 정의할 수 있다. 이러한 컨테이너터미널 게이트에 대해 기존 게이트 운영 관련 문헌 및 국내·외 컨테이너터미널 게이트의 벤치마킹을 통해 조사된 현황은 <표-1>과 같다.

〈표-1〉 **국내·외 컨테이너터미널 게이트시스템 현황**

구 분		차량번호 확인	컨테이너 번호확인	컨테이너 손상확인	장치장 이동위치 확인	컨테이너 봉인확인
국내	신선대	바코드 시스템	바코드시스템+육안(On-Dock)	On-Dock만 실시	SLIP	육안
	허치슨 자성대	OCR+바코드 시스템	OCR+바코드 시스템	On-Dock만 실시	SLIP	확인하지 않음
	허치슨 감만	OCR+바코드 시스템	OCR+바코드 시스템	확인 하지 않음	SLIP	확인하지 않음
	우암	바코드 시스템	게이트 작업자	On-Dock만 실시	SLIP	육안
	동부	바코드 시스템	게이트 작업자	육안확인	SLIP	육안(On-Dock)
	한진 감천	바코드 시스템	바코드 시스템	육안확인	SLIP	육안
	BICT(부산 인터내셔널)	바코드 시스템	바코드 시스템	육안확인	SLIP	육안
	대한통운	게이트 작업자	게이트 작업자	육안확인	SLIP	육안
	부산신항	OCR시스템	OCR시스템	-	SLIP	육안
국외	CTA	마그네틱 카드	마그네틱 카드	사전 게이트	Job Ticket	-
	SSA	OCR시스템	OCR시스템	사전 게이트	-	-
	TMP	OCR시스템	OCR시스템	사전 게이트	마그네틱 카드	-
	HIT	OCR시스템	OCR시스템	CCTV	-	-
	OI	OCR시스템	OCR시스템	-	-	-

국내 컨테이너터미널 게이트의 다양한 업무들 중 차량 및 컨테이너 번호 인식을 위해서는 대부분이 바코드시스템을 활용하고 있고, 일부 게이트에서 영상인식시스템을 병행하는 경우가 있으나 현재까지 인식률에 대한 신뢰도가 낮아 그 사용률이 미미한 실정이었다. 그러나 그간의 기술적 진보를 고려해 최근 부산신항 1단계 컨테이너터미널의 경우 영상인식시스템을 도입하여 운영 중에 있고, 인식률 향상을 위해 지속적인 노력을 기울이고 있는 상황이다.

국외의 경우는 국내와 달리 게이트를 2단계로 나누어 각각의 게이트에서 업무를 나누어 수행하는 곳도 있으며, 인식 업무를 위해서는 영상인식 기술인 OCR. ACDI(Automated Container Damage Inspection) 기술의 일부 또는 전부를 사용하고 있다.

2. 자동화 게이트시스템 분석

1) 개념 및 적용가능 기술

자동화 게이트시스템은 기존의 게이트에서 수행하던 기능인 차량 및 컨테이너 번호 인식, 컨테이너 손상 및 장치장 위치 확인, 컨테이너 봉인 확인(보안) 업무에 관하여 작업자가 업무를 수행하지 않고 첨단 기술을 활용하여 업무의 일부 또는 전부를 자동화한 게이트시스템으로 정의할 수 있다. 이러한 자동화 게이트시스템을 구현하기 위하여 적용이 가능한 기술로는 <표-2>와 같이 바코드 기술, 영상인식 기술 및 무선통신 기술 등이 있다.

〈표-2〉 **자동화 게이트시스템 개발시 적용가능 기술**

구 분		정 의	특 징
BarCode		· 다양한 폭을 가진 바(Bar)와 스페이스(Space)의 배열 패턴으로 정보 표현	· 에러가 거의 발생하지 않음 · 다양한 프린팅 기법 사용

〈표-2〉 **자동화 게이트시스템 개발시 적용가능 기술(계속)**

구 분			정 의	특 징
영상인식	OCR		· 광학기기를 통해 데이터를 추출하여 정보를 식별하는 기술	· 인식 대상을 자동으로 영상 및 데이터 정보로 저장할 수 있음
	ACDI		· 광학 기술을 이용하여 컨테이너 표면의 3차원 형상 데이터 획득	· 손상 인식 알고리즘을 통하여 컨테이너 손상 확인 · 자동 처리기술 개발이 필요
무선통신	RFID		· 무선 통신 기술을 이용하여 원거리에 있는 태그 정보 인식[4]	· 태그, 리더, 안테나로 구성 · 동시에 여러 태그 인식
	Digital Media		· 거리에 관계없이 정보를 미디어(매체)에 신속하게 전달하는 기술	· 사용자 인터페이스가 편리하며 정보 송수신 편리 · PDA, WebPAD, 전광판 등
	DSRC[5]		· ITS[6]에서 노변기기와 이동통신기기 간 정보 전달	· 무선패킷데이터 전송 가능 · 다양한 ITS 서비스 제공

2) 자동화 게이트시스템 비교 · 분석

게이트 업무를 자동화하기 위하여 기존에 사용되던 기술로는 바코드 기술과 영상 인식기술(OCR을 통한 인식 기술)을 들 수 있다. 이러한 자동화 게이트에 적용되는 바코드 및 영상인식 기술의 특징은 다음과 같다.

---

4) Ngai, E.W.T., Cheng, T.C.E., Au, S., Lai, K. H., "Mobile commerce integrated with RFID technology in a container depot", *Forthcoming in Decision Support System*, 2006. p. 3.

5) Dedicated Short Range Communication(단거리 무선 데이터 전송).

6) Intelligent Traffic Service(지능형 교통체계).

바코드 시스템은 기존에 육안으로 처리하던 게이트 업무를 자동화하여 정보처리의 신속성을 향상시켰으나 정보인식의 정확성 및 인식을 위한 카드의 훼손 등 몇 가지 단점을 내재하고 있다. 또한 OCR의 영상인식기술을 통하여 컨테이너터미널 게이트의 업무를 자동화한 경우에는 기존의 육안을 통한 업무 처리 및 바코드 자동화 게이트시스템보다 영상자료 저장을 통해 업무의 신뢰도를 높일 수 있다. 자동화 게이트를 위해 국내·외에서 많이 사용되고 있는 OCR 기술 기반의 자동화 게이트시스템은 기존의 바코드 자동화 게이트시스템에서 수행하지 못하였던 사진 이미지 저장 및 확인·보안 업무 등을 지원하는 추가적인 기능을 보유하고 있지만 바코드 자동화 게이트시스템보다 초기 구축비용이 많이 소요되고, 외부 환경에 영향을 많이 받는 단점을 지니고 있다.

〈표-3〉 **현재 사용 중인 자동화 게이트시스템 기술의 비교**

구 분	장 점	단 점
바코드 인식	· 처리 시간이 짧음 · 입력데이터의 신뢰도가 높음 · 일부 훼손된 바코드 정보 인식 가능	· 접촉 및 일직선상에서만 데이터 인식 · 사람이 직접 판독기를 이용 인식 · 외부 환경이 열악한 경우에 작동하지 않음
OCR	· 영상을 통하여 비접촉식 인식 및 디지털로 변환하여 메모리에 저장 · 다양한 정보를 이미지로 표현 가능 · 바코드시스템에 비하여 보안성이 높음	· 바코드시스템에 비하여 고비용 필요 · 선명한 영상을 위해서는 조명 필요 · 외부 환경에 의하여 정밀도가 떨어짐

<표-3>은 현재 컨테이너터미널 게이트에서 운영되고 있는 자동화 게이트시스템의 특징이다. 이 외에도 최근 컨테이너터미널을 둘러싼 환경은 미국 산업계의 출자로 만들어진 SST(Smart & Secure Tradelanes) 사업같이 내부업무의 효율성 향상, 국제적 보안 강화 등으로 인해 현재

RFID 기술에 대한 요구가 증대되고 있는 상황이고,[7] 이러한 환경변화를 인지한 국내에서도 다양한 분야에서 RFID 기술을 도입하기 위한 노력을 기울이고 있다.

Ⅲ. RFID 기반 자동화 게이트시스템 설계

이 장에서는 RFID의 개념 및 RFID 기반 자동화 게이트시스템의 개념을 설명하고, 본 연구가 개발하고자 하는 시스템의 차별성을 제시하고자 한다.

1. RFID의 개념

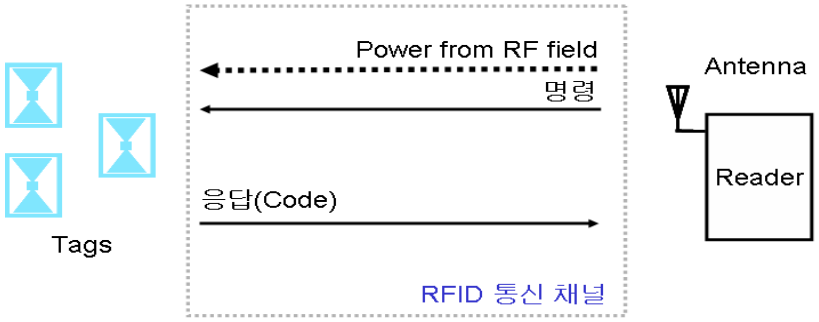
<그림-1>과 같은 통신 구조를 가진 RFID는 비즈니스와 기술에 있어 매우 유용한 도구이다.[8] 즉, RFID는 사람, 자동차, 화물, 가축 등에 각 개체 식별을 위한 정보를 부가하는 시스템으로 그 부가 정보를 무선통신매체를 이용하여 비접촉방식으로 해독함으로써 종래 사람 손에 의지하고 있던 각종 어플리케이션을 자동화할 수 있게 되었다.[9] 이러한 RFID 기술의 다양한 활용분야는 <표-4>와 같다.

현재 포장, 팔레트, 컨테이너 등의 RFID 공급망 적용기술의 국제표준화는 ISO의 TC104(컨테이너)와 TC122(포장) 분야의 합동작업그룹이 진행하고 있다. 또한 미국연방통신위원회(FCC)에서 미국 국내로 반입되는 컨테이너에 부착하는 RFID 태그의 기술규격으로 433㎒ 대역의 능동형 RFID 태그를 채택하였으며, 향후 미국으로 반입되는 모든 컨테이너에는 RFID 컨테이너용 태그를 부착하여야 한다. 그리고 미국과 유럽

7) Bhuptani, M., Moradpour, S., *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems*, Prentice Hall PTR, 2005, pp. 210~232.
8) Sweeney, P.J., *RFID For Dummies*, Wiley Publishing, Inc., 2005, p. 9.
9) 표철식 외 2인, "RFID 시스템 기술", 「한국전파학회지」, 제15권 제2호, 2004, pp. 21~22.

에서 컨테이너의 RFID 표준을 433㎒ 액티브 태그로 제정하였다. 차량용 RFID의 국제표준은 860~960㎒를 따르며 미국, 유럽, 일본을 비롯한 모든 국가들도 이 표준을 따르고 있다. 우리나라도 2004년 8월 정보통신부 주파수심의위원회에서 과거 발신전용전화인 시티폰용으로 사용되었던 908.5~914㎒를 물류, 유통 등의 분야에 사용하도록 주파수 분배가 확정되었다.[10]

〈그림-1〉 RFID 통신 구조도[11]



〈표-4〉 RFID 활용 분야

분 야	이용 목적	기능특성	RFID 태그 목표가격대
군사, 의료	군용품/의료기기의 관리	특정 위치, 진단기능, 보안	약 10원
교통(자동 지불)	차량주행중의 자동 지불	주행차량의 지불 인증 보안	약 10,000원
접속제어, 유통 (컨테이너, 팔렛)	인원의 접속제어, 컨테이너·팔렛, 가축 등의 추적	RFID 태그의 도난/분실을 약간 상정한 보안	1,000 ~ 5,000원
항공, 세탁, 가구, 미술품	항공수하물, 세탁물, 고급가구, 미술품의 관리	고속 판독, 위조 방지	100 ~ 1,000원
제조(공장), 소매(고가 아이템),	공장의 생산물품 자산관리 제품·목재 등의 추적	위조방지 기능 추적	약 50원
소매(저가 아이템), 교통(티켓팅)	소매제품의 추적, 교통기관의 티켓(종이베이스) 추적	저가격, 저기능 추적	10원 이하

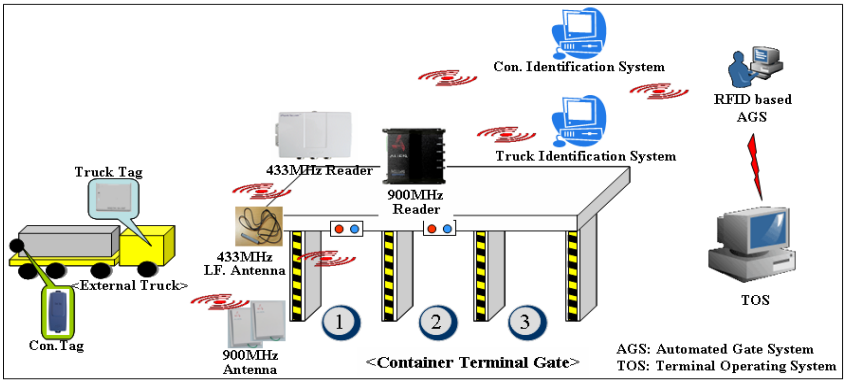
10) 해양수산부, 「RFID 기반 항만물류 정보화 전략계획 수립」, 2005, pp. 126~128.
11) MIT Auto-ID 센터, 2004.

그러므로 본 연구에서도 RFID 국제표준 및 기술표준화 동향에 따라 RFID 기술 기반의 자동화 게이트시스템을 개발할 때, 컨테이너에 부착하는 태그는 433㎒를 이용하였고[12] 차량에 부착하는 태그는 900㎒를 이용하였다.

2. RFID 기반 자동화 게이트시스템의 구성

RFID 기술 기반 자동화 게이트시스템은 기존 게이트시스템에서 수행하던 차량번호 인식, 컨테이너번호 인식 등의 업무에 RFID 기술을 적용하여 게이트의 인식업무를 자동화한 시스템이라 할 수 있다. RFID 기반 자동화 게이트시스템은 <그림-2>와 같이 컨테이너터미널 게이트를 통과하는 외부트럭 및 컨테이너의 인식을 자동화하기 위한 시스템이다.

〈그림-2〉 **RFID 기반의 자동화 게이트시스템의 구성도**



<그림-2>에 제시된 RFID 자동화 게이트시스템의 개발을 위해서, 차량 및 컨테이너 인식을 위한 장비를 선정하였고, 최적인식을 위한 태그와 안테나의 적정 설치 위치를 다양한 실험을 통해 확인하였다.

12) 이은주 · 성낙선 · 최길영 · 표철식, "항만 물류용 능동형 RFID 기술", 「한국전파학회지」, 제16권 제3호, 2005, p. 28.

먼저 차량 인식을 위한 장비를 선정하기 위해 다양한 업체 정보 및 각 업체가 보유한 장비들의 특성을 분석하였다. 그러나 실제 컨테이너터미널 게이트에 각 업체가 보유한 장비들을 설치한 경험이 있는 업체가 없어 가장 유사한 경험(차량 주차관리)이 있는 업체의 제품을 선택하게 되었다. 다음으로 컨테이너 인식을 위한 장비의 경우, 국내에는 취급 업체도 적고 경험이 있는 업체 또한 전무한 실정이어서 컨테이너터미널 게이트 환경에 맞게 상황에 따라 태그 인식거리를 조정할 수 있고, 확장성이 용이하게 개발된 국내 제품을 선정하였다(<표-5>참조).

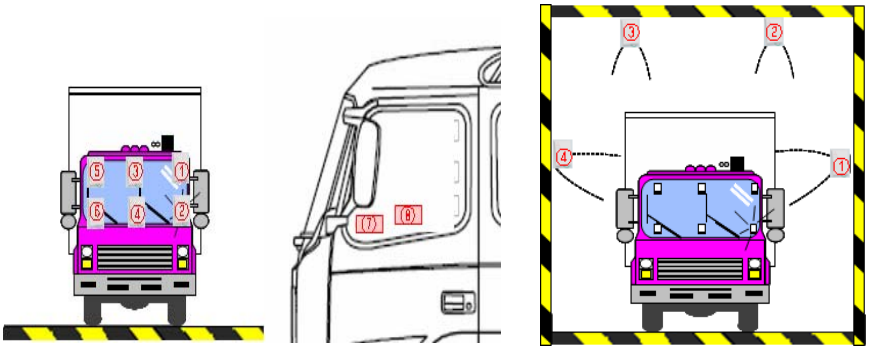
〈표-5〉 **차량 및 컨테이너 인식을 위한 장비선정(Tag, Antenna, Reader)**

구 분	구성장비
차량 인식	 <태그> <안테나> <리더>
컨테이너 인식	 <태그> <안테나> <리더>

선정된 장비들로 다양한 실험방법(차량진입 방식, 차량 속도 등)에 따른 태그와 안테나의 위치에 대한 실험을 수행하였다. 먼저 차량 인식을 위한 태그 부착위치를 선정하기 위해 <그림-3>과 같이 컨테이너 트럭 전면 6곳과 측면 2곳에 각기 다른 태그를 부착하고, 안테나 위치를 각각 다른 위치에 설치하여 태그 인식률을 확인하기 위한 실험을 하였다. 실험은 컨테이너 반입의 경우, 차량이 게이트에 진입하는 형태를 5가지로 구분(1개 레인에 1대 진입, 1개 레인에 여러 대의 트럭이 연속으로 진입,

2개 레인에 각각 1대씩 병렬로 진입, 2개 레인에 각각 여러 대의 트럭이 연속으로 진입, 그리고 반출·입 차량 동시 통과)하여 실험하였다. 그리고 차량 속도에 따른 태그 인식률을 확인하기 위해 시속 10㎞/h, 20㎞/h, 30㎞/h 각각의 속도에 따른 실험을 하였다. 각 인식을 위한 리더기 및 개별 인식시스템(차량, 컨테이너), 통합 인식시스템은 게이트 인접 사무소에 설치하여 실험하였다.

〈그림-3〉 **차량 인식을 위한 태그 및 안테나 설치 위치**



각 태그의 인식률을 측정한 결과는 <표-6>과 같다. 이는 10㎞/h의 속도로 5가지 진입형태로 들어오는 차량에 대해 각각 10회씩 총 50회 실험에서 얻은 결과이다.

이 실험을 통해 안테나와 태그의 거리, 운전자의 시야 확보, 탈부착의 용이성을 고려하여 안테나는 ①번 위치, 태그는 ②번을 가장 적절한 위치로 선정하여 진입형태별로 차량 속도에 대한 실험을 하였다. 이 실험에서는 모든 경우에서 100%의 태그 인식률을 얻을 수 있었다.

위의 실험결과에서 컨테이너터미널 게이트에서 차량 인식을 위한 900㎒ 장비는 속도보다 안테나와 태그 간 거리에 민감했으며, 태그의 위치가 안테나의 인식거리 4m 이내에 위치해 있어도 안테나와 태그의 위치가 근접한 경우 더 높은 인식률을 얻을 수 있었다. 따라서 실제 컨테이너터미널의 게이트에 적용하기 위해서는 태그와 안테나 간의 거리를 고려한 장비설치가 이루어져야 할 것이다.

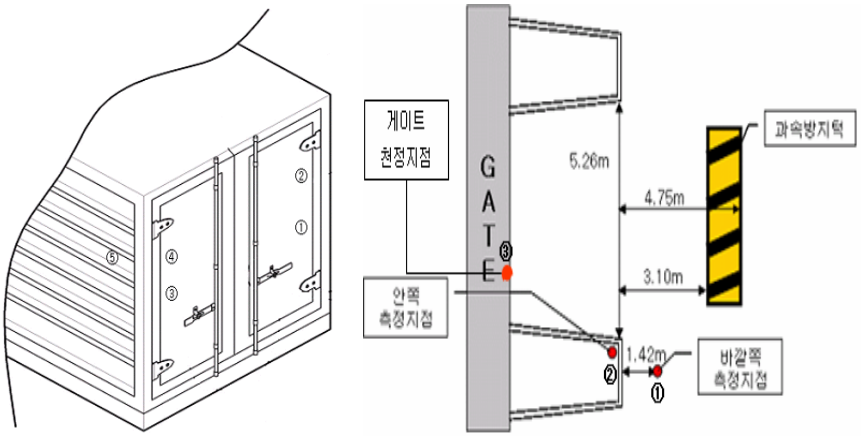
〈표-6〉 **차량 인식을 위한 태그 및 안테나 설치 테스트 결과**

RFID 안테나 설치 위치		태그 위치별 인식률 (%)							
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
①	게이트 출입구 옆면(좌) (운전석 앞 유리지향 : 50°)	100	100	100	100	60	50	100	100
②	게이트 출입구 윗면(좌) (운전석 앞 유리지향 : 70°)	100	90	100	80	40	30	60	60
③	게이트 출입구 윗면(우) (운전석 앞 유리지향 : 70°)	40	30	100	70	100	80	50	60
④	게이트 출입구 옆면(우) (운전석 앞 유리지향 : 50°)	40	20	100	90	100	100	30	20

컨테이너 인식을 위한 태그와 안테나의 위치를 선정하기 위해, <그림-4>에서와 같이 태그와 LF안테나를 설치하여 컨테이너 인식에 관한 실험을 수행하였다.

컨테이너 인식을 위한 433㎒ 장비의 구성은 리더와 태그 또는 리더와 LF안테나, 태그의 조합으로 구성될 수 있는데 전자의 경우는 인식거리가 100m 내외로 먼 거리에서의 인식은 가능하지만 태그가 항상 깨어 있어야 하므로 배터리의 손실이 크고, 특히 컨테이너터미널 게이트 환경에서는 인식 태그의 신뢰성 확보 측면에서 채택하지 않았다.

〈그림-4〉 **컨테이너 인식을 위한 태그 및 안테나 설치 위치**



반면에 후자의 경우는 먼 거리(100m 내외)에서의 인식이 힘들고, 장소에 따라 태그 인식을 위해 부가적인 장비가 필요하지만 태그의 사용기간을 전자의 방식에 비해 2~3배(4~5년) 가량 늘릴 수 있고, 컨테이너터미널 게이트의 레인별로 신뢰성 있는 데이터의 확보가 용이하다는 장점이 있다. 현재 RFID 기술 시장의 주도적인 역할을 하고 있는 Savi사나 Hi-GTech사의 경우도 방식에 차이는 있지만 125㎑ 또는 123㎑ 대역의 LF 안테나를 사용하여 근접거리에서 태그를 활성화시켜서 신뢰성 있는 데이터를 확보하는 메커니즘을 가지고 있다. 본 실험에서는 각 레인별 LF안테나가 통과 차량의 컨테이너 태그를 활성화시키는 신호를 보내고 CPU를 보유한 태그는 LF안테나 아이디와 컨테이너 태그아이디를 함께 리더기로 송신한다. 리더기는 관리대상 안테나의 아이디를 확인한 후 미들웨어로 전송하도록 하였다.

태그의 경우에는 여러 가지 설치 위치가 선정될 수 있으나 컨테이너 취급시 파손 가능성, 도어 개폐시 방해 여부 등을 고려해 5개 위치에 설치하였다. 안테나의 위치는 컨테이너 태그 인식이 단순히 컨테이너가 게이트에 도착했다는 확인용으로 태그 정보를 인식하는 것이 아니라, 컨테이너 인식 정보와 차량 인식정보를 사전 반출・입 정보(COPINO)와 비교・확인 후 장치 위치를 제공하기 위한 SLIP을 발급해야 하는 경우 이 SLIP 발급의 위치가 고려되어야 한다. 현재 국내 컨테이너터미널 게이트의 경우 바코드 인식과 SLIP 발급이 같은 위치에서 이루어지는데, 게이트의 폭, 안테나 인식거리, 외부트럭의 길이를 고려할 때 <그림-4>에서 제시된 ③번 위치는 차량이 인식되고, 컨테이너가 인식되는 위치까지 도달하면 SLIP을 발급 받기 위한 위치를 지나치게 되므로 안테나 설치 위치로는 적합하지 않다. 그래서 ①번, ②번 위치에 대해서만 실험을 하였다.

차량 인식을 위한 실험에서와 같이 10㎞/h의 속도로 5가지 진입형태로 들어오는 차량에 대해 각각 10회씩 총 50회의 실험을 하였고, 실험에서의 인식률은 <표-7>과 같다. 그리고 LF안테나는 ①번에, 태그는 ④번에 위치시켜 진입형태별로 차량 속도에 대한 실험에서는 100%의 태그 인식률을 얻을 수 있었다. 이는 차량 인식과 같이 LF안테나를 사용한

433㎒ 장비는 속도보다 LF안테나와 태그 간의 거리에 민감함을 보여주며, 태그의 위치가 LF안테나의 인식거리 4m 이내에 위치해 있어도 안테나와 태그의 위치가 더 근접한 경우 더 높은 인식률을 얻을 수 있음을 보여준다. 컨테이너 인식을 위한 태그와 안테나의 위치는 컨테이너 취급의 용이성, 차량 충돌 위험성 등을 고려해 선정해야 할 것이다. 그리고 차량 정보가 정확히 인식되었는지 외부 트럭기사에게 알릴 수 있는 부가적 시설물(예 : 신호등)이 필요하다.

〈표-7〉 **컨테이너 인식을 위한 태그 및 안테나 설치 테스트 결과**

RFID 안테나 설치 위치		태그 위치별 인식률 (%)				
		①	②	③	④	⑤
①	게이트 출입구 옆면(좌) (차량지향 : 70°)	60	70	100	100	100
②	게이트 출입구 옆면(좌) (차량지향 : 70°)	40	50	90	100	100

Ⅳ. RFID 기반 자동화 게이트시스템 개발

4장에서는 RFID 기반 자동화 게이트시스템 개발을 위한 환경을 제시하고, 각 세부 시스템에 관해 설명한다. 이와 함께 시스템 구축을 위해 고려해야 할 사항들도 제시하고자 한다.

1. 개발환경 및 설계

본 연구를 통해 개발된 게이트시스템에는 <표-8>과 같이 다양한 하드웨어 및 소프트웨어, 테스트 환경, 시나리오 등이 필요하다. 하드웨어

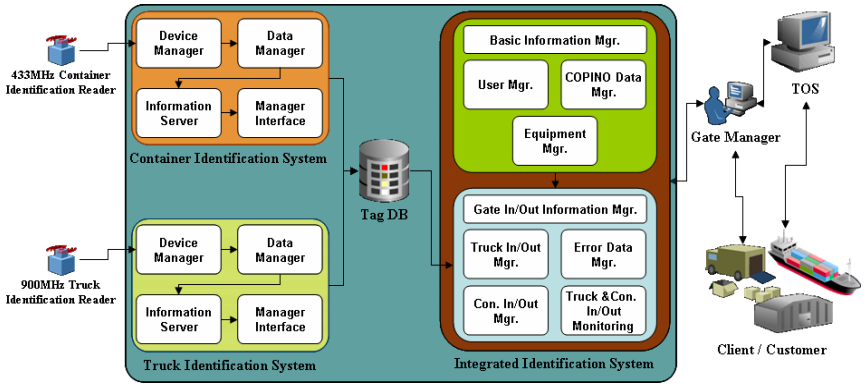
에는 기 제품화되어 있는 차량 및 컨테이너 인식을 위한 태그, 안테나, 리더 등이 필요하고, 여기에서 획득되는 정보들을 관리하기 위한 서버, 차량의 이동 위치를 지시하고 인수도증 발급을 위한 프린터, 차량 및 컨테이너 태그가 인식되었는지 운전자가 확인할 수 있도록 하는 신호등 등이 필요하다. 소프트웨어 측면에서는 인식장비의 특성, 사용자 인터페이스 및 향후 확장이 예상되는 확인·보안장비의 관리 등을 고려하여 Windows 2000 서버와 SQL 2000 서버의 시스템 환경에서 Visual C#으로 개발하였다.

하드웨어의 최적위치를 선정하기 위해 부산항에 위치하고 있는 P 터미널의 2번과 3번 게이트를 대상으로 다양한 테스트를 실시하였고, 하드웨어의 최적 설치위치를 결정하였다. <그림-5>는 본 연구에서 개발한 RFID 기반 자동화 게이트시스템의 프레임워크이다.

〈표-8〉 **시스템 개발을 위한 환경 및 다양한 요건**

구 분	내 용
하드웨어	· 차량 및 컨테이너 인식용 태그, 안테나, 리더 · 자동화 게이트시스템 운용을 위한 서버 · SLIP 발급을 위한 프린터 · 태그 인식 확인용 신호등
소프트웨어	· Windows 2000 Server · SQL 2000 · Visual C#
테스트 환경	· 부산 P 터미널 2, 3번 게이트 · 국산 및 외산 차량 용차
테스트 시나리오	· 1개 레인에 간헐(연속)적인 차량진입 · 2개 레인에 간헐(연속)적인 차량진입(게이트 동시진입 고려) · 반출·입 차량의 간섭 등

〈그림-5〉 RFID 기반의 자동화 게이트시스템의 프레임워크

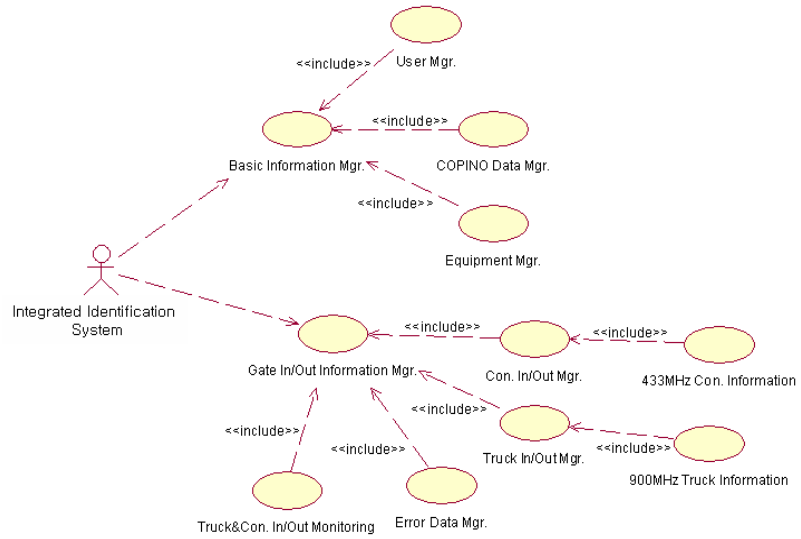


우선 차량 및 컨테이너가 컨테이너터미널에 반·출입되기 위해서는 운송사에서 컨테이너터미널로 사전정보(COPINO)를 여러 가지 형태(EDI, e-mail, 팩스 등)로 송신하며, 차량인식을 위해서는 900㎒ 태그를 차량에 부착하고, 컨테이너 인식을 위해서는 433㎒ 태그를 컨테이너에 부착하여 게이트를 통과하게 된다.

이후 차량이 컨테이너터미널 게이트를 통과할 때, 각각의 안테나와 리더가 각 태그를 인식하고 이를 각각의 인식시스템이 인식하여 해당 정보를 통합 인식시스템으로 전송한다. 통합 인식시스템은 차량 및 컨테이너 인식시스템으로부터 전달된 정보와 사전정보를 비교·확인한 후 이상이 없을 시 TOS의 게이트관리시스템으로 확인된 정보를 전송한다. 이러한 작업 수행시 컨테이너 손상 및 봉인 확인 등에 관한 추가적인 업무가 동시에 수행된다.

<그림-5>에서 설명한 차량 및 컨테이너 인식시스템과 통합 인식시스템의 개발을 위해 시스템이 어떻게 구성되고, 무엇을 해야 하는지 파악하기 위해 <그림-6>과 같은 Use Case Diagram을 작성하였다.

〈그림-6〉 RFID 기반 자동화 게이트시스템 개발을 위한 Use Case Diagram



2. 차량 및 컨테이너 인식시스템

각 장비들의 상태관리, 획득 정보의 가공, 통합 인식시스템으로의 전달 등의 기능을 보유한 차량 및 컨테이너 인식시스템을 구성하고 있는 세부 모듈별 정의 및 기능은 <표-9>와 같이 정리할 수 있다.

<표-9>에서 제시된 각 기능들을 포함한 차량 및 컨테이너 인식시스템은 다수의 리더기를 제어하고, 상태를 검사할 수 있도록 4개의 모듈로 구성하였다. 장비관리자(Device Manager)는 수집된 데이터들 중 유효 데이터를 데이터 관리자(Data Manager)로 전송한다. 이러한 주요 기능 외에 차량 및 컨테이너 인식시스템은 불안정하다고 판단되는 장비 드라이버를 독립 프로세스로 구동하고, 장애발생시 데이터 관리자가 사후처리(logging, report, failover)를 할 수 있도록 독립 프로세스로 구성한다. 데이터 관리자는 장비관리자의 제어 및 상태를 검사하고, 장비관리자로부터 태그 데이터를 수립한다. 그리고 신뢰성 있는 데이터 확보를 위

〈표-9〉 **차량 및 컨테이너 인식시스템 세부 모듈 정의 및 기능**

구 분	정 의	기 능
장비관리자 (Device Manager)	· 미들웨어의 종단으로 리더 제어/관리	· 리더에서 태그 데이터 수집, 유효데이터를 데이터 관리 모듈로 전송
데이터 관리자 (Data Manager)	· 전송 받은 태그 데이터를 필터링 및 가공과정을 거쳐 유효한 이벤트 생성	· 장비관리 모듈 제어 및 상태검사 · 필터링을 거쳐 유효한 태그 데이터 추출
정보 관리자 (Information Server)	· 이벤트 데이터의 통합인식 시스템과의 상호연동	· 데이터 관리 모듈 제어 및 상태검사 · 데이터 관리 모듈로부터 이벤트 수집 · 관리자 인터페이스와의 통신 제공
관리자 인터페이스	· 장비관리, 데이터 관리, 정보 관리 등의 모듈 관리	· GUI 기반의 관리자인터페이스로 미들웨어 관리, 시스템 모니터링, 이벤트 모니터링 등

해 Rule-base Filtering 및 Event Filtering을 수행하는데 유효 데이터 추출에 관한 기준은 각 컨테이너터미널 게이트의 환경 및 운영방식에 따라 달라질 수 있다. 예를 들면 1초간 10번 획득된 정보 중 8회 이상을 신뢰성 있는 데이터로 본다든지, 날씨가 흐리거나 비가 와서 인식률이 떨어질 때에는 5회 이상만 인식되면 신뢰성 있는 데이터로 판단한다거나 하는 상황이다. 이러한 필터링 과정을 거친 태그 데이터를 기반으로 이벤트 데이터를 생성한다. 정보 관리자는 데이터 관리자의 제어 및 상태를 검사하고, 데이터 관리자로부터 이벤트를 수집한다. 수집된 데이터는 Event Data 목적지를 판단하여 해당 모듈로 전송하고, 로그를 저장한다. 관리자 인터페이스는 장비, 데이터, 정보 관리 및 조작을 위한 사용자 인터페이스로서 효과적인 통제를 위한 모니터링이 가능하고, 사용자의 요구를 수용할 수 있는 커스터마이징 프로세스로 볼 수 있다.

3. 통합 인식시스템

통합인식시스템은 차량 및 컨테이너 인식을 위한 장비의 정보관리, 차량 및 컨테이너 인식시스템에서 획득된 정보와 운송사에서 보내온 사전정보의 비교・확인 등의 기능을 수행하는 시스템이고, 크게 기초정보 관리 모듈과 반출・입 관리 모듈로 구분된다. 각 모듈의 상세 기능은 <표-10>과 같다.

〈표-10〉 **통합 인식시스템의 각 모듈별 세부 기능**

대분류	소분류	기 능
1. 기초정보 관리	1.1 사용자관리	사용자 정보를 등록, 수정, 삭제함
	1.2 사전정보관리	사전정보를 등록, 수정, 삭제함
	1.3 장비관리	인식장비(RFID 리더기 및 안테나), 신호제어기, EIR 발급기에 대한 정보를 등록 수정 삭제함
2. 반출・입 관리	2.1 차량반입관리	차량반입 정보를 등록, 수정, 삭제함
	2.2 컨테이너반입관리	컨테이너반입 정보를 등록, 수정, 삭제함
	2.3 반입오류관리	반입시 발생하는 오류에 대한 정보를 등록, 수정, 삭제함
	2.4 차량반출관리	차량반출 정보를 등록, 수정, 삭제함
	2.5 컨테이너반출관리	컨테이너반출 정보를 등록, 수정, 삭제함
	2.6 반입작업 모니터링	반입상황을 모니터링함
	2.7 반출작업 모니터링	반출상황을 모니터링함

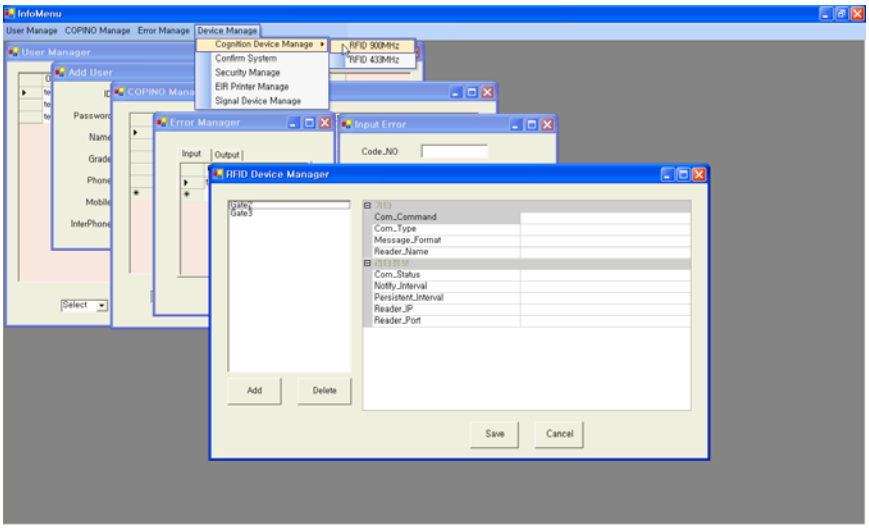
위의 내용을 중심으로 각 기능의 수행시 활용되는 사용자 인터페이스를 중심으로 통합 인식시스템을 보다 상세히 설명하고자 한다.

1) 기초정보 관리시스템

기초정보 관리시스템은 <그림-7>과 같고, 이는 사용자관리, 사전정

보 관리, 차량 인식장비(900㎒)와 컨테이너 인식장비(433㎒) 관리 등으로 구성되어 있다. 먼저 사용자 관리를 위한 시스템은 사용자와 관련된 사용자 ID, 이름 및 기타 정보 등을 관리하며 수정 및 사용자 추가가 가능하다. 사전정보 관리시스템에서는 차량 및 컨테이너 인식시스템에서 전달되는 정보와 비교·확인하기 위해 운송사에서 전송한 사전정보를 등록한다. 이후 비교·확인의 결과에 따라 사전정보를 수정, 삭제하게 된다. 장비 관리시스템은 차량 및 컨테이너 인식시스템에 연결되어 있는 장비(안테나, 리더)와 차량 및 컨테이너 인식시스템을 운용하는 서버의 상태를 관리하는 시스템이다.

〈그림-7〉 **기초정보관리를 위한 사용자 인터페이스**

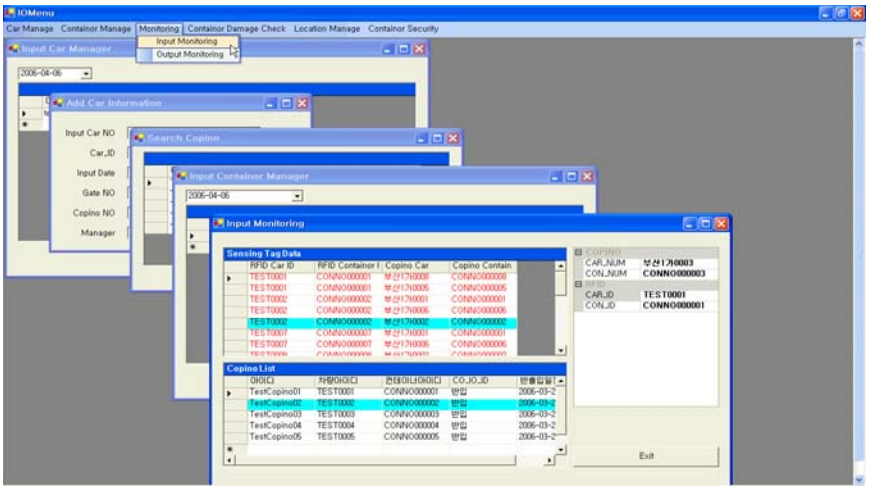


2) 반·출입 관리시스템

반·출입 관리시스템은 <그림-8>과 같이 반·출입되는 차량 및 컨테이너의 정보를 관리하는 시스템과 반·출입시 발생되는 오류 정보관리, 반·출입 작업의 모니터링이 가능한 세부시스템으로 구성되어 있다. 차량 및 컨테이너 반출·입 관리시스템은 새로운 차량에 대한 정보를

등록할 수 있고, 차량 반입에 관한 정보를 실시간으로 조회할 수 있으며 수정 및 삭제가 가능하다. 작업시 오류가 발생한 데이터는 오류 정보관리시스템으로 연계되도록 개발하였다. 오류정보 관리시스템은 반출·입 오류정보를 확인하며 오류정보의 세부적인 사항을 확인 및 수정할 수 있고, 확인 반출·입 오류정보를 등록할 수 있다. 반출·입 작업 모니터링시스템은 게이트에 차량 및 컨테이너의 반·출입시 차량 인식시스템과 컨테이너 인식시스템으로부터 인식된 차량 및 컨테이너의 정보 내역이 화면상에 출력이 되고, 하단부에 있는 사전정보 목록과 비교하여 사전정보에 등록이 되어 있으면 파란색으로, 그렇지 않으면 붉은색으로 출력이 된다. 사전정보의 목록 역시 인식된 정보와 비교하여 동일한 내용이 있으면 파란색으로 화면상에 출력한다.

〈그림-8〉 **반출·입 정보 관리를 위한 사용자 인터페이스**



4. 구축시 고려사항

본 연구에서는 RFID 기반 컨테이너터미널 게이트 인식시스템 개발을 위해 필요한 장비의 구축, 각 장비의 성능확인을 위한 테스트, 각 장비와

연동 가능한 차량 및 컨테이너 인식시스템의 개발 및 이를 통합할 수 있는 통합 인식시스템을 개발하였다. 그리고 하나의 시스템을 개발함에 있어 각 단계별 고려사항은 <표-11>과 같다.

〈표-11〉 **RFID 기반 자동화 게이트 인식시스템 구축시 고려사항**

구 분		구축시 고려사항	비 고
장비선정		· 공급되는 장비(태그, 안테나, 리더)가 관련분야에 설치 및 운영된 이력이 있는가? · 타 분야에 설치 및 운영되고 있다면 추진하고자 하는 분야와 연관되는 특성이 있는가?	국내·외 다양한 관련정보 수집
테스트	환경	· 날씨 및 테스트 환경(게이트 형태)과 관계가 있는가? · 해당 컨테이너터미널 게이트의 기존 운영형태는 어떠한가? · 태그 및 안테나 부착위치와 관계가 있는가?	테스트시 현업 전문가들과의 긴밀한 연계를 통해 체크리스트 작성
	차량	· 차량의 종류 및 속도와 관계가 없는가?	
	시나리오	· 다양한 시나리오를 대상으로 테스트하는가?	
시스템 개발	개별 인식시스템	· 장비(리더)와의 연계는 원활한가? · 통합 인식시스템과의 연계는 원활한가?	사전에 컨테이너터미널 운영시스템 분석 필요
	통합 인식시스템	· 개별 인식시스템과의 연계는 원활한가? · 차량 및 컨테이너 인식 및 외부시스템과의 연계는 원활한가? · 발생되는 정보를 활용할 방안은 있는가?	

Ⅴ. 결론

전 세계의 각 항만들은 급변하는 항만환경 속에서 경쟁력 우위를 확보하기 위한 노력의 일환으로 효율성 및 생산성 향상에 집중하고 있다. 우리나라의 각 항만들도 이러한 경쟁에 뒤처지지 않기 위하여 추가적인 항만건설, 첨단하역장비, 운영시스템의 개선, 신기술의 도입 등 다양한

사업 및 연구를 수행하고 있지만 컨테이너터미널 게이트의 효율성 및 생산성에 관한 연구는 초기 단계에 머물러 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 컨테이너터미널 게이트의 효율성 및 생산성 향상을 위해 기존 기술들을 분석하여 RFID 기술을 게이트에 적용시킴으로써 얻을 수 있는 장점을 토대로 하여 RFID 기술 기반 자동화 게이트 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 현재 부산 P 컨테이너터미널 게이트에서 테스트를 하였다. 이 테스트에서는 바코드 시스템의 게이트에서 20초 내외의 차량 통과시간이 5~10초로 줄어, 게이트 통과시간을 약 10초 이상 단축시킬 수 있을 것으로 예상되었다. 그러나 현재까지 시간적, 환경적 문제들로 인해 실질적인 현장 적용 및 평가를 수행하지는 못하고 있다. 향후 이러한 부분들을 보완할 것이다.

그리고 인식업무 이외의 확인・보안업무 등에 적용할 기술 개발이 이루어져야 할 것이다. 또한 개발된 기술에 대한 다양한 측면에서의 평가가 이루어져서 실무에 곧바로 적용될 수 있는 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 이은주・성낙선・최길영・표철식, “항만 물류용 능동형 RFID 기술”, 「한국전파학회지」 제16권 제3호, 2005.
2. 표철식・채종석・김창주, “RFID 시스템 기술”,「한국전파학회지」 제15권 제2호, 2004.
3. 해양수산부,「RFID 기반 항만물류 정보화 전략계획 수립」, 2005.
4. _____,「초대형 컨테이너선용 항만기술 연구」 제1권, 2006.
5. _____,「초대형 컨테이너선용 항만기술 연구」 제3권, 2006.
6. Sweeney, P.J., *RFID For Dummies*, Wiley Publishing, Inc., 2005.
7. Bhuptani, M., Moradpour, S., *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems*, Prentice Hall PTR, 2005.
8. Ngai, E.W.T., Cheng, T.C.E., Au, S., Lai, K.H., “Mobile Commerce Integrated with RFID Technology in a Container Depot”, *Forthcoming in Decision Support System*, 2006.
9. http://www.dt.co.kr/contents.htm?article_no=2004080302010151686001 (디지털타임스, 2004. 8. 3)