

# RFID 기반의 컨테이너터미널 게이트 자동화 시스템 개발에 관한 연구

이석용\* · 서창갑\*\* · 박남규\*\*\* · 송복득\*\*\*\*

## 〈 목 차 〉

I. 서론	3.2 RFID 게이트 시스템 개발개요
II. 이론적 배경	3.3 시스템 개발 및 구현
2.1 공급사슬관리와 물류관리	3.4 시스템 파일럿 테스트 결과
2.2 항만물류와 컨테이너터미널	IV. 기대효과
2.3 컨테이너터미널 환경 분석	4.1 일반적 RFID 도입 후 기대효과
2.4 컨테이너터미널 게이트 적용기술	4.2 본 시스템의 기대효과
2.5 항만물류 RFID 적용사례 분석	V. 결 론
III. RFID 기반 게이트 시스템 개발	참고문헌
3.1 RFID 기술개요	Abstract

## I. 서론

기업은 날로 복잡해지는 고객의 니즈와 시장의 변동에 적극적으로 대응하기 위해 기업내부 비즈니스 프로세스의 통합 및 공급사슬관리에 역량을 집중하고 있다. 수익을 창출하고 비용을 절감하기 위한 기업의 노력은 생산기지 해외이전 또는 글로벌 소싱 확대로 이어지고 있으며, 국제적인 수출입 물동량 증가도 지속적

인 증가세를 보이고 있다.

이에 따라 선진각국은 수출입 물동량의 절대치를 차지하는 항만물류산업을 육성하고 개선하여 국가차원의 경쟁력을 향상하기 위해 정보화를 적극 추진하고 있다. 우수한 항만경쟁력을 보유한 네덜란드 로테르담의 경우 e-비즈니스 지원체계강화 및 항만운영 효율화를 기반으로 한 경쟁전략을 수립하였으며, 배후단지 연계를 통한 부가가치 향상의 좋은 사례를 보이

\* 부산대학교 대학원 경영학과 박사수료, mislsy@pusan.ac.kr

\*\* 동명대학교 경영정보학과 부교수, gabida@tu.ac.kr

\*\*\* 동명대학교 유통경영학과 교수, nkpark@tu.ac.kr

\*\*\*\* 주식회사 지펜스 선임연구원, bdsong@gpans.com

고 있는 독일 함부르크항의 경우도 항만과 배 후단지를 연결하는 3PL(3th Party Logistics) 또는 4PL의 효율적인 정보지원체계를 운영하고 있다. 싱가포르 PSA社는 당초 수립한 항만개발 및 네트워크 확대전략으로부터 탈피, e-비즈니스 지원강화를 통한 생산성, 효율성 강화 전략을 모색하고 있으며, 급격한 물동량 신장세를 보이고 있는 중국의 경우도 항만개발이 완료되는 2010년까지 배후단지를 연계하는 정보지원체계에 집중할 계획으로 있다.

국내에서는 e-비즈니스의 단계를 넘어서 지능형항만 또는 차세대항만 등으로 정의되는 미래형 항만건설을 통한 경쟁력 제고를 위해 해양수산부 등 관계부처를 중심으로 항만 효율화 시범사업 등을 추진하고 있으며, RFID 기술이 동인하는 U-port 구축 등 각종 사업 및 민간부문에 대한 투자를 확대해 나가고 있다. 항만의 경쟁력을 강화하기 위한 기술적 수단으로 부각되고 있는 RFID 기술은 아직까지 표준화 문제 및 경제적 타당성에 대한 의문 등으로 즉각적인 시행(plug and play) 단계에는 미치지 못하고 있으나, 물류, 소매유통, 농산물이력, 의료, 교통 등 각 분야에서 시행된 시범사업 또는 프로젝트를 통해 그 타당성을 검증받고 있다.

본 연구에서는 항만물류산업의 가장 중요한 물류거점인 컨테이너터미널에서 수출입 화물이 반드시 거쳐야 할 게이트 시스템에 RFID 기술을 적용하여 구현하고, 현장테스트를 통해 기술적 실현가능성과 경제적 타당성을 검증하고자 하였다. 이러한 연구목적은 달성하기 위해 첫째, 공급사슬관리 측면에서 부각되고 있는 물류관리에 관한 문헌연구를 수행하고 둘째, 항만물류산업 환경과 컨테이너터미널의 역할

및 중요성을 살펴보고 셋째, 국내 컨테이너터미널 게이트 통과시스템에 대한 현황분석을 통해 문제점과 개선점을 제시하며 넷째, RFID 기술의 현황과 이미 시행된 물류관리분야에서의 기술적용 사례분석을 통해 현안을 살펴본다. 마지막으로, RFID 기술을 적용한 게이트 자동화 시스템을 구현하여 현장테스트를 통해 성능을 평가함으로써 국내 항만의 경쟁력 제고를 위한 수단으로서의 가능성을 제안하고자 하였다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 공급사슬관리와 물류관리

기존의 기업내부 비즈니스 프로세스를 통합하려는 노력에 그치지 않고, 기업의 경영혁신을 지원하는 정보인프라 확산을 통해 생산하는 재화 또는 서비스가 고객에게 전달되기까지 공급사슬에 참여하는 기업외부의 협력업체, 거래업체, 이해관계자 등과 비즈니스 프로세스를 통합하여 효율성과 부가가치를 향상하려는 공급사슬관리(Supply Chain Management)가 갈수록 중요시되고 있다. 2005년 1월 공식명칭을 CSCMP(Council of Supply Chain Management Professional)로 변경한 CLM(Council of Logistics Management)은 공급사슬관리를 외주, 조달, 전환 등에 관련된 모든 활동과 물류관리 활동을 포함하는 것으로 정의하였다(CLM, 2004). GSCF(Global Supply Chain Forum)도 공급사슬관리를 최종사용자에서부터 고객과 이해관계자에게 가치를 부가하는 제

품, 서비스, 정보를 제공하는 원천공급업체에 이르기까지 형성된 핵심 비즈니스 프로세스의 통합으로 정의하였다(Lambert et al., 1998).

Lambert 등(1998)은 공급사슬관리를 위해서는 고객과 이해관계자들에게 가치를 부가할 목적으로 공급사슬에 존재하는 핵심 비즈니스 프로세스들을 통합하는 것이 중요하다고 강조한 바 있는데, 같은 맥락에서 최근의 연구는 공급사슬관리를 보다 광의의 전략적 수준으로 이해하고 있다. Mentzer 등(2001)은 공급사슬관리를 개별기업의 장기적 성과 및 공급사슬 전체를 개선하기 위한 목적으로 기업내부의 전통적인 활동은 물론, 공급사슬에 참여하는 기업들 상호 체계적이고 전략적인 조정활동으로 보고 있다. 또한 공급사슬관리는 참여주체인 사람, 조직, 프로세스 등의 상호관계관리와도 관련이 있으며, 이러한 능력은 고객과 가치사슬을 연결한다는 점에서 핵심 경쟁력으로 정의되고 있다(Webster, 1992).

공급사슬에 참여하는 기업들의 비즈니스 프로세스 통합에 대한 Hammer(2001)의 주요 관점 가운데 하나는 공급사슬에 참여하는 주체들 상호관계를 관리하는 것이다. 이는 마케팅 분야에서 전개되어 온 관점에 근거한 것으로, 관계 관리를 통해 동일한 고객으로부터 반복적인 거래를 획득하는 것이 새로운 고객을 유치하려는 데 소요되는 노력보다는 비용 측면에서 보다 효율적이라는 것이다(Kotler, 1991). 이외에도 공급사슬관리가 기업에게 가져다주는 이점은 다양하다. 특히 채찍효과(bullwhip effect)의 최소화, 공급사슬 수행활동의 효율성 최대화, 공급사슬 재고의 최소화, 공급사슬 회전시간 최소화, 수용 가능한 품질달성 등이 공급사슬관

리를 통한 이점으로 볼 수 있다(Levary, 2000).

공급사슬관리와 유사한 의미로 사용되는 물류관리(Logistics Management)의 의미는 대체로 협의의 공급사슬관리를 가리키는 추세이다. CLM은 물류관리를 공급사슬관리의 일부로서 고객의 요구사항을 충족시키기 위하여 물류거점간 제품, 서비스, 관련정보 등의 효과적인 양방향 흐름을 위해 계획, 실행, 통제 등의 활동을 수행하는 것으로 정의하였다. Shapiro 등(1993)은 보다 명확하게 공급업체로부터 고객에 이르는 전체 가치사슬을 통합하는 활동으로 물류관리를 정의하였는데, 가치사슬에 참여하는 개별기업들의 활동을 통합함으로써 전후수직통합의 효익을 누릴 수 있다는 것이다. 이러한 이유에서 공급사슬관리를 통합물류시스템과 동일한 의미로 이해할 수 있다(Bowersox and Daugherty, 1995; Lambert et al., 1998). 통합물류시스템은 납품업체와의 관계, 운송, 유통, 저장, 배송 서비스, 재고관리 등을 포함한다.

물류관리와 관련된 다양한 문헌의 연구결과와 고객중심, 시간관리, 통합, 정보교환 및 평가 등과 같은 물류관리에 필요한 역량을 제시한다. 우선 고객중심은 우수고객을 대상으로 독특하고 가치부가적인 활동을 제공함으로써 분명히 차별화된 제품과 서비스를 지속적으로 제공하는 것이다(Mentzer et al., 2004). 특히 구체적인 물류관리 요구사항에 근거하여 고객을 세분화하는 능력은 고객중심이라는 물류관리 역량의 매우 중요한 측면이다(Bowersox et al., 1999). 둘째, 자본과 재고의 낭비를 줄이기 위한 효과적인 시간관리가 물류관리에 있어서 또 하나의 핵심역량이다(Mentzer et al., 2000;

Lowson, 2003). 시간관리 대응능력은 기업의 물품이동 및 보관활동에 대한 유동적인 요구사항에 경쟁적 강점을 제공할 수 있다(McGinnis and Kohn, 1990). 주문전송, 주문처리, 주문대기 등에 소요되는 시간을 단축시킴으로써 기업은 덜 왜곡된 주문주기를 확보할 수 있고, 수요의 극심한 변동에도 대응할 수 있게 된다(McGinnis and Kohn, 1990; Daugherty and Pittman, 1995). 셋째, 내부적으로 상호 관련된 해당기업만의 프로세스를 통합함으로써 경쟁업체가 쉽게 모방할 수 없는 비즈니스 프로세스를 생성하는 것이다(Daugherty et al., 1998). 마지막으로 정보교환은 기업성과를 향상시키는 핵심 물류관리 역량의 하나로 인식되고 있는데(Bowersox et al., 1999; Narasimhan and Kim, 2001), 특히 시장에서 정보교환을 통해 상호 연계됨에 따라 뚜렷한 경쟁우위를 획득할 수 있는 능력을 가리키기도 한다(Daugherty et al., 2002). 이러한 정보교환 능력이 향상된 기능의 통합, 조정, 의사결정 등을 위해 적시에 시장 또는 경쟁자와 관련된 데이터를 수집하고 확산하는 경쟁적 차별성을 제공하는 것이다(Sanders and Premus, 2002).

물류관리의 성과는 비용감소와 차별적 우위를 통한 고객가치의 창출에 초점이 맞춰져 있다. 제품의 질과 기능이 거의 유사할 경우에는 전략적 목표를 달성하기 위해 반드시 검토되어야 할 제품, 가격, 판매촉진보다는 무언가 다른 것이 필요하기 마련인데, 물류관리를 통해 산출하는 성과가 그것이다. 강한 브랜드와 강한 기업 이미지만으로는 충분히 경쟁적이지 못할 경우 물류관리 프로세스가 얼마나 큰 영향을 미치는가를 알 수 있다(Stank et al., 2001).

## 2.2 항만물류와 컨테이너터미널

항만물류산업은 일반적인 제조업체의 공급사슬에서 재화의 물리적 변화를 통해 가치를 창출하는 것과는 달리, 재화의 위치이동을 통해 최종고객에게 가치를 창출하고 있다(최형림 등, 2005). 수출입화물의 이동이라는 활동을 중심으로 화물이 화주로부터 발송되어 내륙운송사, 컨테이너터미널, 선사 등의 관련주체들을 거치면서 위치이동이라는 공급사슬을 형성하게 되는 것이다. 이러한 점에서 항만물류에 대한 공급사슬관리 관점에서의 접근이 필요하다.

항만은 국제물류에 필수적인 사회간접자본 시설이며 터미널 기능을 통해 항만이라는 공간을 공유하는 사람, 재화, 정보 등의 이동공간을 효과적으로 극복시켜주는 물리적인 경제활동 장소라고 할 수 있다. 항만에 있어서 가장 큰 영향요소는 컨테이너화(containerization) 및 복합운송체계 구축, 국제시장 통합, 정보기술의 발전 등이 있다(방희석 등, 2002). 특히, EDI(Electronic Data Interchange), GPS(Global Positioning System), AEI(Automatic Equipment Identification), 등의 정보기술 발전을 통해 선적일정계획 및 교통적체해소가 가능해졌으며, 파업이나 장비고장, 외국의 정치불안 등 선사나 항만당국에서 조절할 수 없는 요소들을 물류활동에 참여하는 주체들로 하여금 효과적인 의사소통을 통해 공급사슬의 불안정성을 감소시킬 수 있게 되었다(Amy and Theodore, 2000).

항만물류에서의 공급사슬 참여주체라 할 수 있는 화주, 운송사, 컨테이너터미널, 선사 가운데 컨테이너터미널은 육상과 해상을 연결하는

물류거점이자 한정된 자원으로 최상의 생산성을 발휘해야 하는 주요 물류기지의 역할을 동시에 수행한다. 따라서 제한된 항만의 자원 및 제원으로 최적의 생산성을 발휘하기 위한 다양한 연구는 물론, 항만운영의 효율성을 제고하기 위한 지속적인 정보화 관련연구도 지속적으로 수행되어 왔다.

항만물류정보화의 개념은 정보화의 일반적 개념에 항만물류의 특성을 적용하여 효율적인 정보망을 구축하는 것으로 볼 수 있으며, 항만물류산업에서의 수직 및 수평관계에 있는 수출입 화주, 운송사, 컨테이너터미널, 선사 등의 민간부문과 해양수산청, 관세청, 검역소 등의 정부부문이 수출입과정에 참여하면서 업무를 처리하고 있다. 항만물류정보시스템은 이러한 주체들을 정보화 도구로 연결하여 항만을 출입하는 화물의 이동과 관련된 제반자료 또는 정보를 신속하게 입수하여 효율적으로 저장 및 관리하며, 적기에 이용자에게 제공하는 시스템이라 할 수 있다. 오늘날 컨테이너터미널에서 화물의 이동에 관한 정보흐름을 계획하고 관리하는 것은 매우 중요하며, 정보화를 통해 생산성을 향상시키고 고객서비스를 개선하고자 노력하고 있다.

## 2.3 컨테이너터미널 환경 분석

세계무역의 90% 이상이 다국적 선박이 운송하는 컨테이너와 관련이 있고 매년 2천만이 넘는 컨테이너가 해상을 통과하고 있다(Cueno, 2003). 우리나라가 속한 아시아 항만시장은 북미, 유럽과 더불어 세계 3대 교역권으로 발전하여 급격한 환경변화와 치열한 경쟁상황에 놓여

있다. 2004년 국내 컨테이너 처리실적은 14,523,138TEU로 2000년 이후 해마다 평균 10%의 지속적인 성장세를 보이고 있기는 하나, 급격한 중국의 항만개발 및 공격적인 물동량 유치로 위협을 받고 있다. 2004년 기준 국내 전체 물동량의 79.1%를 처리한 부산항은 과거 컨테이너항만 순위에서 홍콩, 싱가포르에 이어 3위를 유지해 왔으나 최근 상해, 선전 등 중국항만에 밀려 세계 5번째 컨테이너항만으로 처지게 되었다(한국컨테이너부두관리공단, 2005).

그러나 동북아 허브항만을 구상하고 있는 부산항은 물동량 처리위주의 정책에서 탈피하여 신항만 건설을 계기로 배후단지를 연계하는 고부가가치 항만으로 지향점을 전환하고 있다. 3PL 또는 4PL 등 생산기지과 항만을 연결하는 우수한 물류서비스 제공을 통해 항만의 경쟁력을 강화하고 있는 함부르크 Ocean Gate Distribution Center는 부산항의 적절한 벤치마킹 대상으로 볼 수 있다. 이러한 배후단지 연계를 위해서는 잘 정비된 수송망뿐만 아니라 잘 구축된 정보망이 반드시 필요하다.

해양수산부와 부산광역시 추진하고 있는 U-Port는 RFID 기술을 통해 화물, 컨테이너, 장비, 선박 등의 정보를 공유하여 물류추적을 가능하게 하는 항만을 일컫는다. 현재 공급사슬관리측면의 항만물류 효율성을 저하시키는 원인이 물류거점별 정보의 단절에 있기 때문에, 향후 물류거점별 정보의 공유가 가능한 U-Port 구현을 통해 국내 항만경쟁력이 현격하게 향상될 것으로 기대된다.

신항만을 이미 건설하고 있거나 예정지를 제외하고는 현재 총 12개 항만에 15개 운영사가 20개의 컨테이너터미널을 운영하고 있다. 국내

<표 1> 국내 컨테이너터미널 현황 및 게이트시스템 (2006. 5)

항 만	운영사	게이트기술	항 만	운영사	게이트기술
신선대	(주)신선대컨테이너터미널	바코드	광 양	대한통운(주)	바코드
자성대	한국허치슨터미널(주)	카메라(OCR)		한국허치슨터미널(주)	바코드
신감만	동부건설(주) 물류부문	바코드		KIT(주): 허치슨외	바코드
감 만	대한통운(주)	PDA		GICT(주): 세방+한진	바코드
	한국허치슨터미널(주)	카메라(OCR)	동부건설(주) 물류부문	바코드	
	BICT(주): 세방+한진	바코드	평택컨테이너터미널(주)	기 타	
우 암	UTC(주):KCTC+국보	바코드	군 산	군산컨테이너터미널(주)	바코드
감 천	(주)한진	바코드	울 산	정일울산컨테이너터미널(주)	바코드
인 천	(주)인천컨테이너터미널	기 타		울산컨테이너터미널(주)	기 타
		(주)선광	바코드	마 산	대한통운(주)

※ 저자에 의한 직접조사

컨테이너항만 및 터미널 운영사, 각 게이트 기술 현황은 <표 1>과 같다. 일부 ODCY(Off Dock Container Yard) 위주의 시스템을 지향하는 터미널을 제외하고는 컨테이너를 취급할 수 있는 안벽과 장치장 및 게이트를 운영하고 있어 대체로 터미널의 성격은 동일하다.

조사에 따르면, 대부분의 컨테이너터미널이 컨테이너의 게이트 반입 및 반출에 바코드를 이용하고 있는 것으로 확인되었다. 한국허치슨터미널(주)이 운영하고 있는 자성대와 감만의 경우 바코드보다 처리속도가 향상된 카메라시스템을 운영하고 있는데, 게이트에 카메라를 설치하여 컨테이너번호를 판독한 다음 사전에 저장된 컨테이너 번호와 매칭을 통해 식별하고 있다. 대한통운(주) 감만의 경우 PDA(Personal Digital Assistant)를 이용하여 운송사와 게이트 반입정보를 공유함으로써 반입 및 배차관련 업무를 자동화하여 수행하고 있는 것으로 확인되었다. 그러나 대다수 컨테이너터미널은 물동량과 트래픽에 따라 바코드 시스템을 도입하

여 운영하고 있으며, 일부 터미널이 직접 확인을 통한 정보시스템 입력방법을 채택하고 있는 것으로 나타났다. 부산항 9개 컨테이너터미널의 게이트 기술에 따른 기능을 보면 <표 2>와 같다. 현재 차량번호와 컨테이너번호 확인은 가능하지만 실시간 정보, 주차관리 및 차량흐름에 대한 정보는 제공하지 못하고 있는 것을 볼 수 있다.

## 2.4 컨테이너터미널 게이트 적용기술

국내외 컨테이너터미널 게이트에서 사용하고 있는 자동데이터수집기술을 살펴보면, RFID, 바코드시스템, OCR(Optical Character Recognition)시스템, 단거리전용통신(DSRC: Dedicated Short Range Communication)시스템 등이 있다.

RFID시스템은 능동형 또는 수동형 태그와 리더, 송수신기로 구성되어 태그에 신호를 보내는 통신장비의 안테나 또는 리더를 통해 장비

&lt;표 2&gt; 부산항 컨테이너터미널 게이트 기능현황 (2005. 5)

컨테이너 터미널	차량번호 확인	컨테이너 번호확인	사시번호 확인	봉인 확인	컨테이너 상태확인				위험물 처리	실시간 정보	정보저장 및 기록	주차 관리	차량흐 름제어
					크기	종류	무게	손상					
신선대	○	○	X	○	○	○	X	○	○	○	○	X	○
자성대	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X
우 암	○	○	X	X	X	X	X	X	○	X	○	X	X
신감만	○	○	X	X	X	X	X	X	○	X	○	X	X
감 천	○	○	X	○	○	X	X	○	○	X	X	X	X
감만(J)	○	○	X	○	○	X	X	○	○	X	X	X	X
감만(H)	○	○	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X
감만(S)	○	○	X	○	○	○	X	○	○	X	X	X	X
감만(K)	○	○	X	○	○	○	X	X	X	X	X	X	X

※ 저자에 의한 직접조사

범례: ○ 사용 X 미사용

및 특징을 포착하는 방식이다. 국내에는 아직 적용한 컨테이너터미널이 없으며, 해외의 경우 미국 뉴저지, UAE 두바이, 태국 켈랑, 캐나다 반텀 등이 차량번호만을 인식하는 RFID 카드를 사용하고 있다. 바코드시스템은 운전자 신분증명 및 확인에 사용되는데 차량번호를 인식 대상으로 하고 있다. 자기(magnetic)선을 이용한 바코드시스템이 스마트카드시스템보다 광범위하게 사용되고 있는데, 신선대를 비롯한 국내 컨테이너터미널 다수가 사용하고 있다. OCR시스템은 카메라와 영상처리기술을 이용하여 게이트를 통과하는 컨테이너 번호 및 적재차량번호를 자동으로 인식하기 때문에 별도로 ID를 소지할 필요가 없다. 그러나 인식률이 90%~95%로 다른 기술에 비해 떨어진다는 단점이 있다. 국내에서는 자성대를 비롯한 일부 컨테이너터미널, 해외에서는 홍콩, 싱가포르, 호주 및 미국 일부항만에서 사용하고 있다. 단거리전용통신시스템은 컨테이너 운송정보의 입력과 장치장 내부 정착위치 안내를 게이트 무정차로 수행할 수 있도록 국내 기술진에 의해 개발되고 있는 기술이다(최용석 등, 2005).

## 2.5 항만물류 RFID 적용사례 분석

국내의 경우 해양수산부가 2005년 1월부터 RFID기반 항만물류 효율화 1차년도 시범사업을 먼저 추진하였다. 해당 시범사업의 경우 RFID 기술을 도입하여 컨테이너차량의 가시성(visibility)을 확보하기 위해 다음 3가지 목표를 설정하고 추진되었다(장명희, 노미진, 2005). 첫째, 물류네트워크를 구축하여 개별 컨테이너 단위의 추적정보를 파악할 수 있는 통합정보를 제공하는 것이고 둘째, 항만물류 거점별 컨테이너 및 차량의 이동 상태를 식별하여 물류경쟁력을 강화하고 효율성을 배가시키기 위한 것이다. 셋째, RFID 적용 및 확산에 실제적이고 전략적으로 대응함으로써 국제표준에 근거해 항만물류 업계의 최적 적용환경을 도출하는 것이다.

이에 따라 운송관리시스템, 위치추적시스템, 항만물류시스템 등 3가지 신규시스템을 구축할 계획으로 있다. 운송관리시스템은 태그의 등록 및 관리를 담당하게 되는데, 차량에 부착되는 태그는 승인된 차량을 구분하기 위하여 터미널에서 기록하며, 컨테이너에 부착되는 태그는

ICD(Inland Container Deposit)에서 컨테이너를 반출할 때 기록한다. ICD로부터 반출된 컨테이너의 태그는 화물 적재, 철송 CY(Container Yard) 게이트 통과, 터미널 게이트 반입, 장치장 장치, 선적 등의 시점에 위치와 시간정보를 기록 및 제공하게 된다. 위치추적시스템은 컨테이너의 위치추적을 담당하게 되는데, ICD에서부터 철송, 수출항을 거쳐 수입항 반입시점까지 컨테이너 이동의 전 과정을 실시간 추적하게 된다. 차량의 위치추적은 차량에 부착된 RFID 태그를 통해 주요 거점에서 식별된 차량정보를 실시간으로 수집하여 제공하게 된다. 항만물류시스템은 터미널 게이트 반입에서 반출까지의 컨테이너 및 차량정보의 관리를 담당하게 되는데, RFID 태그를 부착한 차량 및 컨테이너의 정보를 게이트 반입시 감지하여 인증 및 승인이 자동화되고 해외로 반출되는 컨테이너는 반출시 태그 감지를 통해 반출정보를 기록하게 된다. 장치장 자동화가 구축된 항만의 경우는 장치할 컨테이너 정보를 태그로부터 감지하여 자동으로 장치 지시가 전송되며 최종장치위치로 장치되고 나면 확인정보가 수집되어 제공된다.

한편, 항만물류 비즈니스 프로세스에 RFID 기술을 도입하면서 간과해서는 안 될 사항이 표준에 관한 것이다. 컨테이너터미널 게이트에 진입하는 차량과 컨테이너에 RFID 기술을 적용했을 경우에 식별방법 및 봉인기술의 국제표준 적용상황을 그림으로 도식하면 <그림 1>과 같다. 이미 제정이 된 자동인식 표준, 식별표시 방법 등도 있으나 컨테이너용 공급사슬관리 물류응용표준을 비롯하여 전자봉인 응용표준 및 RFID 기술의 적합성 평가표준 등이 제정을 앞

두고 있다.

싱가포르항의 경우 RFID 기술을 기존의 EDI 시스템과 결합하여 일일 입출항하는 50여척의 선박과 수천 개의 컨테이너 추적에 사용하고 있다. 특히 수천 개의 RFID 송수신기를 장치장 아스팔트 도로에 설치하여 X, Y, Z의 3가지 차원의 그리드를 형성하고 이들 차원의 조합을 통해 유일한 식별코드를 부여한 태그를 통해 컨테이너의 정확한 장소와 위치를 제공하고 있다(Angeles, 2005).

하루 17,000여개의 컨테이너가 도착하고 있는 미국의 경우 911 테러이후 검색강화, 정보교환, 교육훈련, 보험할증, 관리감독 등의 예방활동을 강화하고 있다. 특히 공급사슬보안을 강화하기 위한 컨테이너 봉인에 RFID 기술을 적극 도입하고 있다. 미국방성은 이라크 파병 및 각국 캠프에 주둔하고 있는 미군의 개인물품과 군수물자의 보안을 위해 36개국에 걸친 TAV(Total Asset Visibility) 네트워크를 구축하였다. 군수물자를 운반하는 컨테이너에 RFID 태그를 부착하여 전자적으로 봉인처리한 후 자국 국적의 선박만을 이용하도록 제한하고 있는 것이다. 여기에는 시스템 간섭을 받지 않는 태그, 경보시스템, 가상 검사 및 인증된 감시추적기능 등이 사용되었는데, 이를 통해 군수물자가 적입되어 있는 컨테이너를 비롯한 트럭, 선박 등 이동경로 추적이 가능한 체계를 구축하였다.

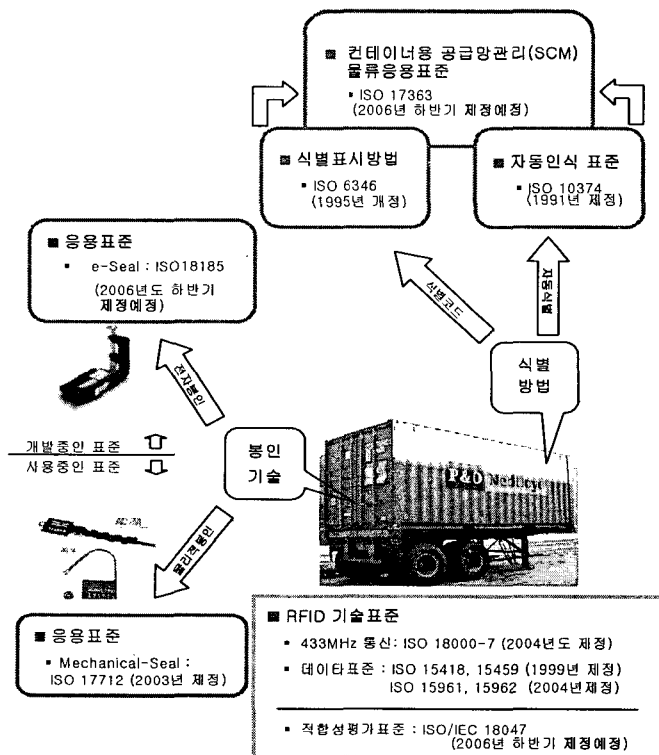
미관세청의 경우 CSI(Container Security Initiative) 및 C-TPAT(Customs-Trade Partnership Against Terrorism)를 시행하고 있다. C-TPAT 프로그램은 다수의 국가들이 참여하는 최적보안규범 적용을 권고하는 것으로, 최



적보안규범을 인증 받은 화주와 선사에게는 신속한 미국내 항만 입항이 가능한 혜택을 부여하고 있다. 또한 자국내 20개 주요항만에 초점이 맞춰져 있는 CSI를 바탕으로 무역협력관계에 있는 정부들을 대상으로 선박의 출발지로부터 기항지에 이르는 검사와 심사를 통해 공급사슬보안을 추진하고 있다.

그러나 보다 완전한 공급사슬보안을 위해서는 이동 중인 선박에 대한 감시가 필요하다는 점에서, 미의회 세출위원회 운영소위원회 의장이자 워싱턴주 상원의원인 Patty Murray는 SST(Smart and Secure Trade-lane)를 공표하였다. 미국방성이 사용해 왔던 것처럼 입항하는 선박의 컨테이너에 RFID 전자봉인(e-Seal)을 부착하도록 권고하는 것으로, 이를 어길 경

우에는 선별적으로 컨테이너에 대한 전수검사를 강제 시행한다는 내용을 담고 있다. 이미 세계 컨테이너 물동량의 70% 이상을 처리하는 Hutchison-Whampoa Ltd, PSA Container Ltd, P&O Ports 등 3대업체가 미국에 입항하는 컨테이너에 대한 자동추적, 탐지 및 보안기술을 적용하기로 협정하였다. 스탠포드대 GSCMF(Global SCM Forum)는 SST 도입에 관한 연구를 통해 화물의 보안과 물류 효율성간 연관성을 입증하였으며, 컨테이너 개당 378볼~462볼의 경제적 이익이 창출되었다고 보고한 바 있다(Lee, 2004).



<그림 1> RFID 관련표준(산업자원부, 2005)



<그림 2> RFID 작동원리(MIT Auto-ID센터, 2004)

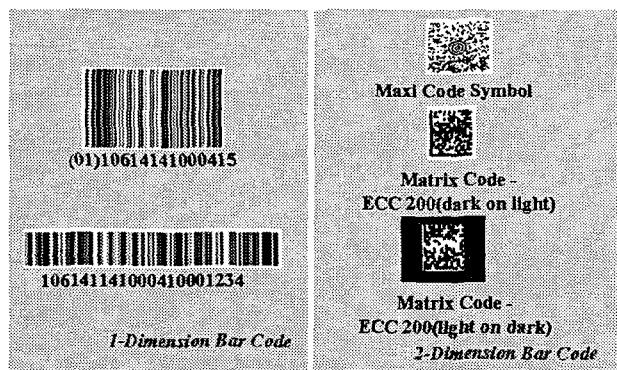
### Ⅲ. RFID기반 게이트 시스템 개발

#### 3.1 RFID 기술개요

RFID는 기존의 바코드 기술을 대체하거나 보완하기 위한 최신기술로 제품의 식별, 추적, 이력 등을 자동으로 수행할 수 있다(Asif and Mandviwalla, 2005). 전자태그를 사용하여 제품을 식별하는 과정에 지능을 부가하고 인간의 간섭을 최소화할 수 있으며, 바코드와 비교하여 적재 가능한 데이터 용량이 월등히 크다. 대상물체가 눈에 보이지 않게 감춰져 있더라도 감지가 가능하다는 점도 RFID 기술이 갖는 강

력한 장점이다.

RFID의 기본적인 동작원리는 <그림 2>와 같이 태그의 안테나와 리더의 안테나가 전파를 이용, 통신을 통해 데이터를 주고받는 행위를 수행한다. 태그에는 내장된 안테나가 리더로부터 전파를 수신한 다음, 태그에 저장된 칩이 이동하여 저장되어 있던 정보를 신호화하여 다시 신호를 발신하는데, 리더는 태그에서 발송된 신호를 안테나를 통해 수신하여 서버로 전달한다(유승화, 2005). 자동인식기술(AIT: Automatic Identification Technology) 가운데 하나이자 현재 국내 컨테이너터미널의 대다수가 사용하고 있는 바코드는 오랜 기간 거의 전 산업분야에



<그림 3> 바코드 (유승화, 2005)

<표 3> RFID와 바코드의 차이

구분	RFID	바코드	2D바코드
ID 유일성	개체단위	제품단위	제품단위
감지거리	미터	밀착	밀착
복수독해	가능	불가	불가
덮어쓰기	가능	불가	불가
이동감지	가능	불가	불가
수정하기	가능	불가	불가
환경내구성	강	약	약

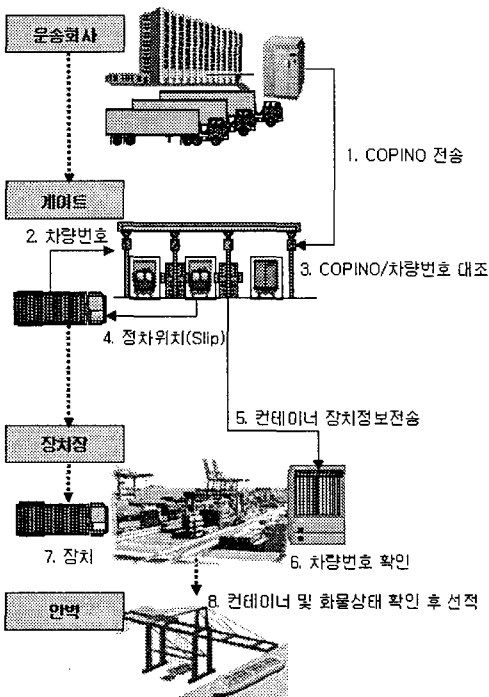
한국전자거래협회, 2004

사용되어 왔다<그림 3>.

RFID와 일반적인 바코드의 차이를 비교해보면 <표 3>과 같은데, 바코드에 비해 RFID는 비접촉식으로 통신하기 때문에 오염에 강하며, 동시에 복수의 태그를 해독할 수 있다는 장점

을 가지고 있다. 반면, 금속에 영향을 받기 쉽고 기존 바코드보다 가격이 비싸며 파손 가능성이 있다는 단점이 있다. 그럼에도 금속 등의 전파를 차단하는 것을 제외하면 차폐물이 개입하여도 인식이 가능하고 진동에 강하며 시간에 따른 변화가 거의 없다는 장점을 보유하고 있기도 하다.

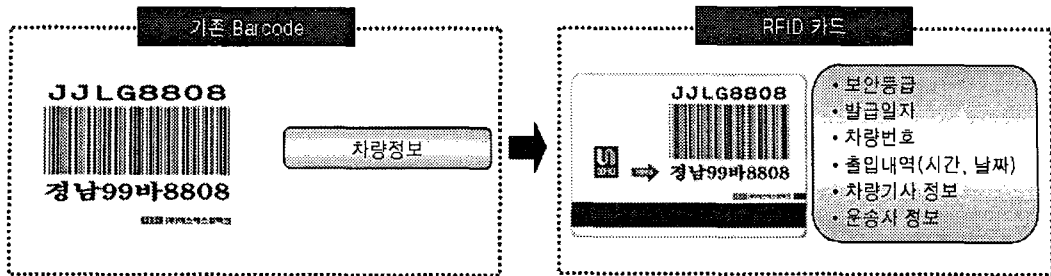
영국의 Marks & Spencer社は 운반용 용기 350만개에 부착된 바코드 레이블을 전자태그로 전면 교체하여 기존의 정보스캐닝속도를 1/6로 단축시키고, 성공적인 물류자동화를 추진하고 있다. 또한 자체분석결과 바코드에 비해 10년간 운영비용을 88% 감축시키는 효과가 있음을 확인하였다(Widlingm and Delgado, 2004). RFID 기술의 적용은 이러한 효율성측면뿐만 아니라 데이터 적재용량의 대폭적인 확대로 제품의 이력정보를 저장할 수 있다는 점에서 공급사슬관리의 획기적인 개선을 기대할 수 있다.



<그림 4> 게이트 통과절차

### 3.2 RFID 게이트 시스템 개발개요

게이트는 컨테이너터미널의 안벽, 장치장 등



<그림 5> 바코드와 RFID의 적재정보

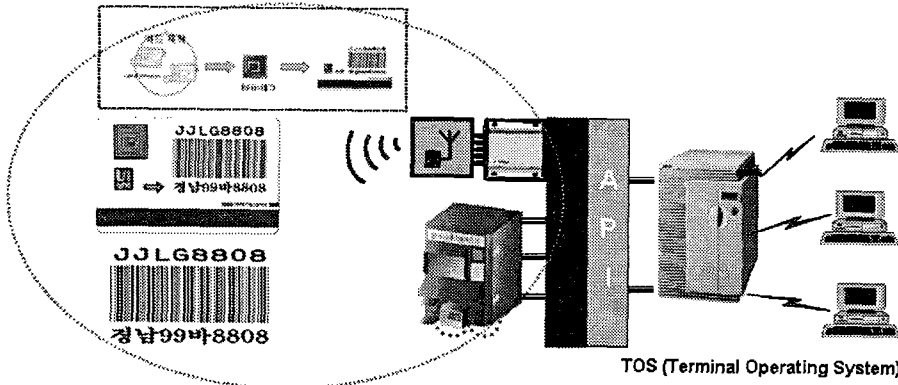
과 함께 수출입 프로세스에서 매우 중요한 부분을 차지하는 요소 가운데 하나이며, 전체 생산성에 영향을 미치는 비즈니스 프로세스를 수행한다.

게이트 통과 업무절차는 <그림 4>와 같다. 컨테이너를 적재한 차량이 게이트에 도착하면 사전에 운송회사로부터 컨테이너터미널로 발송된 컨테이너사전정보(COPINO)와 차량번호를 대조하여 확인을 거치게 된다. 확인이 끝나면 차량은 장치위치를 지시하는 인수도증(Slip)을 발부받게 되며, 동시에 게이트에서 주전산기로 상태코드가 바뀐 장치정보를 전송한다. 이 정보는 다시 주전산기로부터 장치장의 TC(Transfer Crane)로 전송되어 인수도증을 발부받은 차량이 지정된 장치위치에 도착하면 예정정보에 따라 TC가 장치를 개시한다. 마지막으로 컨테이너 및 화물상태를 확인한 후에 계약된 선박에 선적을 하는 것으로 일단의 업무절차는 종료된다.

항만은 국가의 경계를 통과하는 관문이기 때문에 나날이 위험이 더해가는 테러와 불법적인 침입으로부터 보호되어야 한다. 이를 위해 제정된 해상에서의 인명안전을 위한 국제협약(SOLAS) 제11-1장 및 제 11-2장과 국제선박

및 항만시설 보안규칙(ISPS Code)에 의거한 국내규정을 준수하기 위해서도 게이트의 역할은 매우 중요하다. 그러나 현재의 바코드 기술로는 차량정보를 적재하는데 그쳐 보안규정을 준수하기 위해 부가적으로 필요한 정보를 적재할 수가 없다. 그러나 RFID 기술을 도입할 경우 <그림 5>와 같이 보안규정 준수에 필요한 보안등급, 발급일자, 차량번호, 출입내역, 기사 정보, 운송사 정보 등의 부가적인 정보를 적재할 수 있다.

터미널 내부에서 하역, 보관, 통관 등의 절차를 일괄 수행할 수 있도록 고객에게 제공하고 있는 On-Dock 서비스의 활성화로 인해 터미널 외부에서 발생하는 문제점들이 있다. A터미널의 경우 평균 게이트 통과시간이 1분당 2TEU로 조사되었는데, 반입차량이 일시에 집중될 경우 대기시간이 발생하고 대기시간으로 인한 유틸비 증가와 터미널주변의 교통정체는 불가피하게 발생한다. 이러한 문제를 최소화하기 위해서 게이트수를 늘리게 될 경우 추가비용과 공간소요라는 또 다른 문제를 야기할 수도 있다. 따라서 근본적인 해결책이 필요한데, RFID 기술을 도입할 경우 1분당 6TEU 처리가 능으로 해결책이 될 수 있을 것으로 예상된다.



<그림 6> 개발시스템 구성도

게이트의 신속한 통과는 터미널의 전체 생산성 향상에도 기여하며, 게이트 통과를 위해 대기 하던 차량의 유류비, 교통적체, 추가적인 터미널의 공간소요 등의 문제를 일거에 해결할 수 있을 것이다.

### 3.3 시스템 개발 및 구현

본 연구는 국내 컨테이너터미널 대부분이 사용해 온 바코드 기능을 그대로 유지하면서도 RFID 기능을 추가하여, 별도의 장비구입 없이도 기존 장비를 그대로 사용할 수 있는 RFID 게이트 시스템 개발을 목적으로 하였다. 이를 위해 지난 2005년 5월부터 2006년 4월까지 1년간 산학협동을 통해 RFID 태그가 삽입된 형태의 터미널출입용 차량 ID카드 및 리더를 개발하였으며, 바코드와는 달리 재사용이 가능하며 오염에 강하다는 장점을 갖고 있다.

개발시스템의 구성은 13.56MHz 수동형 (passive) 태그가 삽입된 RFID 카드 및 ISO 15693 규격을 따르는 리더로 구성된 하드웨어, 통신프로토콜을 제어하는 펌웨어, 인식된 데이터를 처리하는 소프트웨어로 구성된다. 개발시

스템의 전체 구성도는 <그림 6>과 같다.

#### 3.3.1 태그

13.56MHz 수동형 태그로 전원공급 및 데이터 전송이 코일루프 안테나의 자기에너지에 의해 동작하는 자기결합방식(Magnetic Coupling)을 채택하였다. 리더의 안테나에서 발생한 전력이 자기장을 형성하고, 자기장 영역에 위치한 태그는 자기장 변화를 통해 유기된 전압으로 전력을 생성하여 동작하며, 자체 데이터를 동일한 원리로 리더로 전송하게 된다. 태그의 용도에 따라 읽기전용인 Mask ROM과 읽고 쓰기가 가능한 EEPROM 또는 Flash 메모리 등으로 구성할 수 있다.

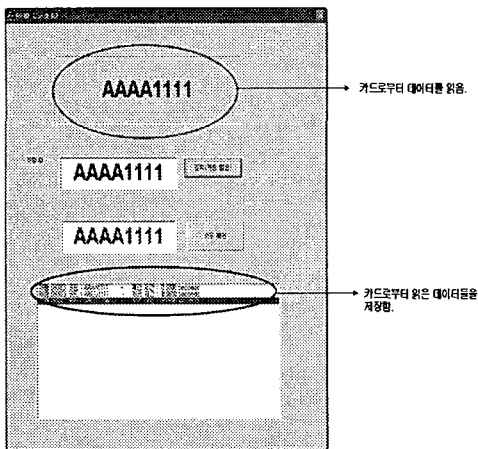
#### 3.3.2 리더

리더는 무선주파수 신호를 태그에 송신하고 태그로부터 진폭 또는 위상변조를 통해 반송된 신호를 수신한다. 수신된 변조신호를 복호하여 태그 정보를 해독한 다음 연결된 로컬서버로 전송하는 역할을 담당한다. 이를 위해 리더는 안테나 및 논리회로, 프로토콜, 신호처리 마이

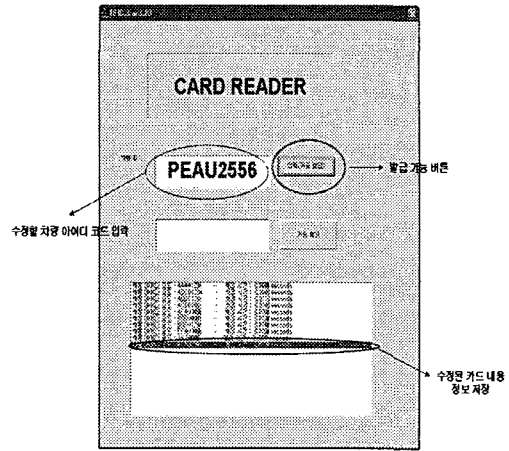
크로프로세서, 무선통신모듈 등으로 구성되며, 로컬서버의 통제를 받도록 네트워크 프로세서를 탑재하고 있다.

### 3.3.3 소프트웨어

리더가 감지한 태그의 데이터를 용이하게 조작하기 위해서 데이터베이스를 적재한 애플리케이션이 필요하다. 태그의 신호를 감지하여 데이터를 해독한 리더는 해당 데이터를 직렬(serial) 통신으로 로컬서버에 전송하게 된다. 서버는 이를 화면에 디스플레이하여 저장, 조회, 수정, 기록 등의 기능을 수행할 수 있도록 하는 애플리케이션으로 운용된다. 태그가 내장된 카드로부터 읽어 들인 데이터를 저장하는 화면은 <그림 7>과 같고, 카드의 태그에 수정을 가할 정보를 직접 수정하여 저장하는 화면은 <그림 8>에 제시하였다. 태그의 정보를 변경하고자 할 경우에는 태그로부터 감지한 정보를 애플리케이션을 이용하여 데이터베이스에 최신정보를 적재하는 것으로 간단히 수행될 수 있다.



<그림 7> 수신 데이터 저장화면

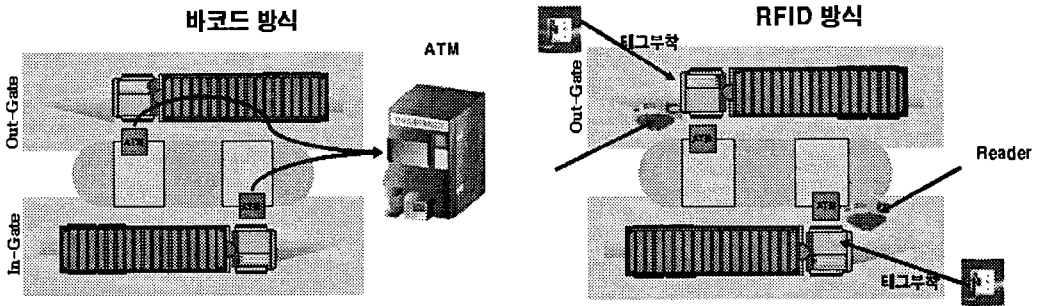


<그림 8> 태그 데이터 수정화면

위 3가지 구성의 시스템이 미들웨어를 거쳐 기존에 구축된 터미널운영시스템(TOS: Terminal Operating System)에 연동됨으로써 공급사슬 관리의 이점을 더욱 확대할 수 있을 것으로 기대된다.

기존의 바코드 방식의 게이트 통과와 RFID 방식의 게이트 통과를 도식하면 <그림 9>와 같다. 우선 외견상으로는 통과 과정이 동일해 보이지만 현장에서는 바코드가 인쇄된 ID의 훼손 또는 오염이 판독시간을 지연시키는 심각한 문제로 지적되고 있다. RFID 카드는 상대적으로 오염에 강하고 훼손의 우려가 적다. 여기에 기본적인 차량번호 이외에 기사의 신분사항 및 기타 이력정보를 추가로 적재할 수 있는 RFID 태그의 데이터 적재용량은 보다 안전한 게이트 통과 및 각종규정 준수를 위한 도구로 활용될 수 있다.

그러나 게이트에서 실제 프로세스의 통합 또는 제거를 통해 효과를 거둘 수 있는 절차는 ATM에서 인수도증을 발급받는 과정이다. 기



<그림 9> 게이트 통과방식의 비교

존의 일부 터미널에서 SMS(Short Message Service) 전송이나 PDA 통신 등을 활용하여 이 프로세스를 제거하려는 시도가 있었으나 SMS 발송시간 지연 또는 운송사와의 업무연계의 어려움 등으로 다른 터미널로의 확산단계로 진전되지는 못하고 있다. RFID 기반 무정차 게이트를 실현하기 위해서도 이 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 새로운 기술개발 노력은 물론, 위험물 검사와 같은 절차를 어떻게 해결할 것인가에 관한 논의가 선행되어야 한다.

### 3.4 시스템 파일럿 테스트 결과

개발 시스템의 카드 전면에는 바코드를 인쇄하여 기존의 터미널 게이트에서도 사용할 수 있도록 하였으며, 게이트 외에 보안 등의 문제

로 태그정보를 부가하기에 용이하도록 하였다. 우선 카드에 내장된 태그로부터 감지하여 읽어 들인 데이터를 저장 및 전송하는 애플리케이션 소프트웨어가 탑재된 서버를 설치하고, 데이터 전송속도 19,200bps의 직렬통신방식으로 리더를 연결하였다. 태그의 경우 수동형 13.56MHz를 채택하였기 때문에 비교적 근거리 내에서만 감지가 가능하다는 한계를 갖고 있는데, 인식거리 5cm와 최대 인식거리로 알려져 있는 10cm로 나누어 100개의 카드를 순차적으로 각각 3차에 걸쳐서 리더에 접근시켜 카드의 인식거리에 따른 인식률을 테스트하였다.

그 결과는 <표 4>와 같이 RFID 태그와 리더 간 10cm 거리까지는 100%의 인식률을 보였으며, 인식하는데 소요된 시간은 모두 1초미만으로 확인되었다. 따라서 게이트를 통해 반입 및

<표 4> 테스트 결과

인식 거리	시도회수	카드 개수	태그 인식률(%)	바코드 인식률(%)	인식 속도
5cm	1차	100	100	100	1초미만
	2차		100	100	
	3차		100	100	
10cm	1차	100	100	100	1초미만
	2차		100	100	
	3차		100	100	

<표 5> RFID 수용을 통한 이익획득 여부

분야	다수의 수익공급업체	급성장 시장	대규모 시장	목적 고객군	제한된 경쟁
항공/공항	No	Yes	No	No	Yes
축산/농산	Yes	Yes	Yes	No	Yes
서적/서점	Yes	Yes	No	Yes	Yes
항만/물류	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
금융/보안	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
보건/의료	No	Yes	No	No	No
여객/자동차	Yes	Yes	Yes	No	Yes
소매/유통	No	Yes	Yes	No	No
세탁/기타	Yes	No	No	Yes	Yes
레저/운동	Yes	Yes	No	Yes	Yes
제조	No	No	No	No	Yes
군수	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

자료: IDTechEx, 2005

반출되는 화물의 목적에 따라 편차가 있겠으나 향상된 인식의 정확성으로 인해 기존에 바코드를 판독하고 인수도증을 교부받는데 소요되었던 시간을 현저히 단축할 수 있다. 또한 기존의 바코드 장비를 그대로 사용할 수 있어서 발생 가능한 태그 인식오류에도 대비할 수 있다.

## IV. 기대효과

### 4.1 일반적 RFID 도입 후 기대효과

대개의 기업들이 불안정한 시장에 진입하는데 있어서 가장 큰 걸림돌은 막대한 투자에도 불구하고 이에 따른 이익을 보장받지 못할 수 있기 때문이다. 물론, 소매유통과 같이 대규모의 제품 레이블을 부착해야 하는 산업의 경우는 그 파급효과로 인해 상당수 공급업체들이 이익을 보장받지 못한 상태로 법적, 제도적 압

력에 의해 RFID 레이블을 부착하는 경우도 종종 있다. 그러나 기술의 발전에 따라 도입과 확산단계 사이에 놓인 틈(chasm)을 극복하고 본격적인 산업전반에의 확산을 기대할 수 있을 것으로 전망하고 있다(IDTechEx, 2005).

항만물류는 컨테이너터미널이 수행하는 가장 주된 기능 가운데 하나로 RFID 기술의 도입으로 인한 잠재적 이익을 기대하고 있는 산업분야이다(Lee et al., 2006). <표 5>는 IDTechEx가 기업들을 대상으로 자체 수행한 사례연구를 분석한 결과로서 RFID를 수용했을 경우 이익에 대한 기회 획득여부를 도표로 제시하고 있는데, 실제 기업들도 항만물류와 금융보안 및 군수분야를 잠재적인 이익획득 기회가 뛰어난 산업분야로 인식하고 있음을 알 수 있다. 또한 RFID와 같은 정보기술의 성과를 측정하는 일은 매우 중요한 과업이다.

급격한 정보기술의 발전에 따라 기업들은 정보기술의 전략적 활용에 지속적인 투자를 해



&lt;표 6&gt; 정보기술 성과측정 관련연구

분류	기법	개요
재무적 방식	EVA (Economic Value Added)	* Stern Stewart & Co.에서 개발 * 일반적으로 기업수익의 총합에서 영업활동을 수행하기 위해 투하된 자본 비용을 차감하는 기법으로, IT영역에서는 정보화로 인한 총수익과 정보화에 따른 자본비용의 총합으로 해석하여 적용
	TCO (Total Cost of Ownership)	* 1986년 Gartner Group에서 시작 * 기업조직내의 비용구조를 이해하고 IT조직, 업무, 프로세스 상에서의 비용 낭비요소를 파악하여 이를 정량적 데이터로 제공하는 기법으로 주로 내부 정보기술이 대상
	TEI (Total Economic Impact)	* 1998년 Giga Information Group에서 개발 * IT도입의 비용요소에 수익(benefit)과 유연성(flexibility)을 결합하고 이들의 위험(risk)을 반영한 기법 * TCO를 확장한 개념으로 사용자와의 의사소통 매체까지도 가치센터로 인식
	TVO (Total Value Opportunity)	* 2002년 Gartner Group에서 TCO의 한계를 극복하기 위해 개발 * 조직의 황적(업무기능간 관점)과 종적(현업실무진, 경영진 관점)에서 조직의 기능과 재무적 성과를 세부 정의하여, 정보화가 조직에 미칠 영향력을 다각도로 분석할 수 있으며, 정성적 분석과 정량적 분석이 동시에 가능
	EVS (Economic Value Source)	* Meta Group이 IT 투자평가의 특성을 고려하여 개발 * 기업가치의 창출원천을 수익증대, 생산성제고, 주기감소, 위험감소 등 4가지로 한정하고 각 원천으로부터 기업의 가치를 측정 * 기존의 IRR, ROI, EVA 등 전통적인 성과평가방법론의 가치 평가방법을 확장시켜 시간과 위험의 가치를 보다 명시적으로 고려하였다는 점이 특징
	IP (Information Productivity)	* 단순 재무제표 기반의 지표들에 운영측면의 지표들을 추가한 기법으로 ROM(Return On Management)기법을 통해 정보화 추자 및 효과를 측정
확률적 방식	AIE (Applied Information Economics)	* IT투자에 대한 근본적인 문제인 측정방법의 한계점을 극복하고자 개발 * 수학적 확률모형을 통해 불확실성을 확률분포도로 표현하여 기대기회손실을 최소화시킬 수 있는 변수들에 대한 민감도 분석을 수행하는 기법
	ROV (Real Option Valuation)	* 환경의 불확실성을 고려한 투자의사결정을 위한 모형으로, 재무 분야의 Black Scholes의 옵션가격결정모형을 비 금융자산으로 확장시킨 기법
다중 접근 방식	IO (Information Orientation)	* 스위스 IMD가 고안한 인적자원중심의 정보화 효과성 측정기법의 분석도구로서, 정보행동 및 가치, 정보관리 실행, 정보기술 실행의 3가지 역량부문에서 기업의 시너지효과 및 적용수준의 정도를 파악하는 기법
	IPM (IT Portfolio Management)	* Meta Group의 Howard Rubini가 개발 * 투자이론의 포트폴리오 관리를 적용하여 기업의 포트폴리오와 관련된 모든 IT투자활동을 가치와 효익에 따라 구분하여 프로파일로 관리하는 방법론
	IE (Information Economics)	* 1988년 IBM의 Marilyn Parker 등이 개발 * 재무적 평가요소뿐만 아니라 무형적 평가를 지수화해 종합적 평가방법을 제시하는 기법으로 포트폴리오 기법을 기반으로 투자대상 프로젝트의 우선순위를 선정하고 자원을 할당하는 기법
	BSC (Balanced Score Card)	* 1992년 Kaplan과 Norton이 고안한 기법 * 지표속성을 재무관점, 고객관점, 내부 프로세스관점, 학습 및 성장관점 등 4가지 관점으로 분류하여 기존의 전통적인 재무적 지표와 비재무적 지표와의 인과관계를 명확하게 정의하여 의사결정을 지원하는 방법론

자료: 서한준 등, IT ROI 방법론의 개발 및 적용, 2005

왔으며, 의사결정의 가용성, 적시성, 신속성, 정확성 등 정보를 기반으로 한 경쟁력 제고를 통해 업무 프로세스를 개선하고 생산성을 향상시키고자 노력해 왔다. 2003년 미국 전체기업의 정보기술 투자규모는 전년도 전체 자본투자액의 47%를 차지하였으며, 특히 전체 투자가운데 정보처리설비와 소프트웨어에 대한 투자비율이 2000년 기준 46.7%로 증가하였다(서한준 등, 2004). 그러나 이러한 투자에 대한 성과에 대해서도 끊임없이 의의가 제기되어 왔다.

정보기술 패러독스(paradox)라고 불리는 이러한 정보기술 투자와 성과간의 괴리를 극복하기 위해 다양한 연구가 진행되어 왔으나, 정보기술의 이용에 따른 효과성을 측정할 수 있는 성과지표가 시스템관점에서의 성과를 측정하는데 한계를 가지고 있다는 것과 기업성과지표와의 연계가 미흡하다는 것이 근본적인 문제점으로 지적되고 있다(서한준 등, 2005). 이제까지 수행되어 온 정보기술 성과측정과 관련한 연구를 정리하면 <표 6>과 같다.

이들 연구를 기반으로 서한준 등(2005)은 고객관계관리(CRM: Customer Relationship Management) 시스템을 도입한 금융기업을 대상으로 주요성과지표(KPI: Key Performance Indicator) 및 IT 성과지표를 설정한 다음, 통합투자수익(ROI: Return On Investment) 방법론을 적용하여 시스템의 연도별 투자효과를 비용효익측면에서 분석하고자 하였다. 동일한 맥락에서 김정영(2005)은 공급사슬관리차원에서 RFID 기술에 접근하여 SCOR(Supply Chain Operations Reference) 모델을 기반으로 한 주요성과지표를 설정한 후, RFID 기술이 갖는 가치 및 RFID 시스템을 도입할 경우 발생하는 투자비용을 산정하여 투자수익을 분석한 바 있다.

그러나 본 연구에서는 기존의 연구들과 같이 시스템을 도입한 이후의 성과를 위주로 분석하는 사후중심의 성과측정과는 동일한 접근이 어렵다. 기존의 바코드 시스템을 대체하거나 보완함으로써 얻을 수 있는 잠재적 효익은 예측

<표 7> A터미널 사례로 본 경제적 기대효과

구분	RFID 이전	RFID 이후	기대효과
1	통과 소요시간 2TEU/Min	6TEU/Min	300% 향상
	산출근거: $1,031,161\text{TEU}/\text{년} \div 365\text{일} \div 24\text{시간} \div 60\text{분} = 1.96\text{TEU}/\text{분}$ $6\text{TEU}/\text{분}(\text{가정}) \times 60\text{분} \times 24\text{시간} \times 365\text{일} = 3,153,600\text{TEU}/\text{년}$		
2	교통 혼잡비용	공회전 및 교통정체비용 유류비 및 교통비용 감소	33억원 절감
	산출근거: (인건비 및 유류비제외) $20,000\text{대} \times 3,300,000\text{원} \times 0.05 = 3,300,000,000$ (컨테이너차량)(혼잡비용)(터미널게이트정차시간비용)		
3	추가확보 필요부지	게이트 11개 6,000평 이상 게이트 5개 1,000평 이하	5,000평 절감
	게이트 11개 설치시 대기공간: 약 6,000평 이상 게이트 5개 설치시 대기공간: 약 1,000평 이하		

할 수 있으나 실제 적용 및 운영에 따른 비용효익분석은 도입 이후에 수행되어야 할 것이다. 또한 컨테이너터미널의 비즈니스 프로세스 가운데 일부인 게이트 업무를 대상으로 하기 때문에 이를 대상으로 독자적인 투자수익을 분석하기에는 위험이 따른다. 따라서 본 연구에서는 거시적인 접근을 통해 시스템 도입에 따른 전체 컨테이너터미널의 사회경제적인 기대효과를 분석해보고, A 컨테이너터미널의 사례를 들어 개별 컨테이너터미널이 획득할 수 있는 경제적 관점에서의 이익을 분석해 보았다.

## 4.2 본 시스템의 기대효과

### 4.2.1 사회경제적 비용절감효과

연간 컨테이너차량의 교통혼잡비용을 330만 원으로(통계청, 2005), 전체 수송거리에서 컨테이너차량이 머무는 터미널 게이트 구역비용을 5%(D통운 산정기준)로 가정하여 전체 국내 컨테이너차량 약 20,000대를 기준으로 게이트 대기 에 따른 교통혼잡비용을 살펴보면 다음과 같다.

$$\text{총 } 20,000\text{대} \times 3,300,000\text{원} \times 0.05 = 3,333,333,000\text{원}$$

여기에 운전기사 인건비와 공회전으로 인한 유류비, 그리고 그로 인한 환경비용을 감안한다면 전체비용은 급격히 상승할 것이다. RFID 기술을 도입한 게이트 자동화 시스템을 통해 게이트의 통과시간을 단축하게 되면 게이트 주변의 교통 혼잡을 완화시킬 수 있으며, 관련 사회경제적 비용을 절감할 수 있을 것이다.

### 4.2.2 국내산업 파급효과

RFID 카드, RFID 카드발급기, RFID ATM, RFID 리더 등 RFID 자동화 게이트시스템을 구축하는데 필요한 기자재 구입에 소요되는 비용을 1억원으로 가정할 경우, 국내 컨테이너터미널 20곳을 대상으로 하면 20억원이 소요되며, RFID 카드 개당 단가를 10,000원으로 가정하면 국내 컨테이너차량 2만대에 지급하는데 20억원이 소요되게 된다. 즉, RFID 게이트 시스템을 구축하는데 총 30억원 규모의 시장을 창출하는 효과가 있다. 또한 선도 기술을 보유하고 있는 해외 우수기업들의 국내진출에 맞서 국내기술을 확보하고 있음으로써 수입대체효과도 기대할 수 있으며, 나아가 해외 컨테이너터미널을 목표시장으로 하는 국내기술 수출을 기대할 수 있다.

### 4.2.3 국내항만 보안강화 효과

보안측면에서도 RFID 기술도입으로 차량과 기사에 대한 부가정보를 태그에 적재할 수 있으므로 기존의 바코드에 차량번호만을 표기하던 것과는 달리, 보안등급 관리와 차량 출입통제가 용이해지며 일련의 확인절차를 효과적으로 단축할 수 있게 된다. 따라서 즉각적인 ISPS Code를 준수할 수 있는 수준의 보안유지가 가능하다.

### 4.2.4 A터미널 적용사례 통한 기대효과

A터미널을 사례로 경제적 기대효과를 살펴보면 <표 7>과 같다. 부산시가 수행한 도시물류기본계획수립을 위한 조사(2002)에 따르면 A터미널의 일일 반입차량의 경우 컨테이너 적재

가 193대, 비적재가 244대로 총 437대, 반출차량의 경우 컨테이너 적재가 148대, 비적재가 80대로 총 228대인 것으로 확인되었다.

이를 기준으로 계산된 교통혼잡비용 109,725,000원을 상당부분 절감할 수 있을 것이다. 또한 차량에 적재된 화물의 성격에 따라 차이는 있겠으나 게이트 통과시간이 대략 30초~5분이던 것을 10초 이하로 단축하게 되면 효율성이 300% 이상 향상된다. 그리고 기존의 11개 게이트에 필요하던 6,000평의 부지를 5개 게이트 1,000평 이하로 줄이게 될 경우 장치장 확보에 어려움을 겪고 있던 터미널의 장치장 점유율 향상과 전반적인 생산성 향상에 큰 기여가 될 것으로 기대된다. 향후 터미널운영시스템과 연동하여 EDI 중심의 데이터 교환이 가능해진다면 보다 월등한 경제적 기대효과는 물론, 컨테이너터미널의 일부 비즈니스 프로세스 통합이 가능해질 것으로 예상된다.

## V. 결론

세계 컨테이너물동량은 연간 10% 수준의 지속적인 성장세를 보이고 있으며, 컨테이너선박의 대형화, 항만물류의 복합화, 미래항만 건설의 필요성 등 항만을 둘러싼 급격한 환경변화를 겪고 있다. 특히 컨테이너터미널의 생산성 향상에 대한 요구가 강하게 대두되고 있는 가운데, 해양수산부를 비롯한 정부와 민간부문의 활발한 사업과 투자가 진행되고 있다. 그러나 이들 사업이 즉각적으로 현장에 적용되기까지는 상당한 시간과 노력이 소요될 수 있으며, 모든 컨테이너터미널에 최적화되었다고 보기는

어렵다. 이러한 관점에서 13.56MHz 수동형 RFID 기술을 적용한 게이트 자동화 시스템의 개발은 기술측면에서 차세대 항만을 이끌 동인으로서의 RFID 기술의 타당성을 입증한 것으로 평가될 만하다. 기존의 게이트 시스템보다는 향상된 항만운영으로 효율성과 서비스 수준을 크게 개선함과 동시에 막대한 운영비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다. 여기에 국내 기술의 해외시장 진출계기를 마련하고 국내시장에 진출하려는 해외기업의 제품을 도입해야 하는 불편을 해소함과 동시에 상당부분의 수입을 대체할 것으로 예상된다. 또한 ISPS Code와 같은 강화된 보안규정을 준수하기에 보다 용이한 기술로도 평가받을 수 있다. 특히, 기존의 바코드체계를 그대로 유지함으로써 초창기 기술도입으로 발생할지 모르는 환경설정 미비와 일시적인 전파장애와 같은 만일의 사태에 대비할 수 있다는 점도 본 시스템이 갖는 장점이라 할 수 있다.

이와 같은 이점에도 불구하고 향후 풀어가야 할 과제도 남아 있다. 우선 본 연구에서 적용한 수동형 태그는 짧은 인식거리로 인해 무정차 개념을 적용하기 어렵다는 약점을 지니고 있다. 물론 위험물 검사와 같은 정차가 필요한 절차와 해결되어야 할 정책적인 문제들이 남아 있기는 하지만, 능동형 태그로의 기술전환을 통해 차량이 게이트에 반드시 정차해야 하는 불편함을 해소할 수 있는 기술적 환경이 제공되어야 할 것이다. 둘째는 태그가 차량에 관한 이력정보 및 차량기사에 관한 기본정보만을 적재하고 있다는 점이다. 항만물류의 공급사슬 통합을 통해 화물의 가시성(visibility)과 물류의 효율성(efficiency)을 확보하기 위해서는 물류

거점별 정보의 단절을 해소할 수 있는 충분히 유효한 데이터 적재가 필수적이며, 최소한 개별 컨테이너 수준까지 태그가 부착되어야만 가능하다. 이상의 한계점이 향후 추진되어야 할 연구과제이며 동시에 해양수산부가 추진하고 있는 항만물류 효율화 본 사업을 통해 상당부분 해소될 수 있을 것으로 예상된다.

## 참고문헌

- 김상태, 이기훈, “도로 혼잡비용 추정이론과 사례,” 대한교통학회지, Vol. 20, No. 2, 2002, pp. 27-38.
- 김정영, “SCM 차원에서 RFID 기술 도입에 따른 ROI 분석 모형에 관한 연구,” 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계학술대회, 2005, pp. 36-43.
- 방희석, 정재원, 김승철, “우리나라의 효율적인 수출입물류서비스 구축방안에 관한 연구-선진외국항만해운, 항만물류정보시스템의 비교분석을 중심으로-,” 물류학회지, Vol. 12, No. 2, 2002, pp. 5-25.
- 부산광역시, “도시물류기본계획수립을 위한 기초조사,” 2002. 11.
- 산업자원부, “해상 컨테이너용 RFID 실용화 기반 구축한다, 보도자료, 2005. 3.
- 서한준, 이정훈, 오부연, “IT ROI 방법론의 개발 및 적용: 금융기업 사례를 중심으로,” *Entrue Journal of Information Technology*, Vol. 14, No. 1, 2005, pp. 39-50.
- 서한준, 홍성안, 박기환, “IT ROI-IT 투자가치 분석,” *대청미디어*, 2004.
- 유승화, *유비쿼터스 사회의 RFID*, 전자신문사, 2005.
- 장명희, 노미진, “국내외 물류부문의 RFID 도입에 따른 SWOT 분석과 사례연구,” *해운물류학회지*, Vol. 47, 2005, pp. 151-179.
- 최용석, 김우선, 하태영, “컨테이너터미널의 리모델링 방안 연구,” *한국해양수산개발원*, 2005.
- 최형립, 박남규, 권해경, 유동열, “관계유형 관점에서의 항만물류 공급사슬 분석,” *한국산업정보학회논문지*, Vol. 10, No. 3, 2005, pp. 38-47.
- 한국전자거래협회, *유비쿼터스 사회의 전자태그(RFID)*, 2004. 5.
- 한국컨테이너부두관리공단, “2004년도 컨테이너 유통추이 및 분석,” 2005.
- Amy, H., and H.P. Theodore, “U.S. Maritime Ports: Trends, Policy Implications, and Research Needs,” *Economic Development Quarterly*, Vol. 14, No. 3, 2000, pp. 300-315.
- Angeles, R., “RFID Technologies: Supply Chain Applications and Implementation Issues,” *Information Systems Management*, Vol. 22, No. 1, 2005, pp. 51-65.
- Asif, Z., and M. Mandviwalla, “Integrating The Supply Chain With RFID: A Technical and Business Analysis”, *Communications of the Association for Information Systems*, Vol. 15, 2005, pp. 393-427.

- Bowersox, D.J., and P.J. Daugherty, "Logistics paradigms: the impact of information technology," *Journal of Business Logistics*, Vol. 16, No. 1, 1995, pp. 65-80.
- Bowersox, D.J., J.C. David, and P.S. Theodore, 21st Century Logistics: Making Supply Chain Integration a Reality, Oak Brook, IL: *Council of Logistics Management*, 1999.
- Cargo Handling Technologies Final Report, University of Southern California, *Center for Advanced Transportation Technologies*, 2000.
- Council of Logistics Management, 2004, [www.clml.org](http://www.clml.org)
- Cuneo, E.C., "Safe at Sea," *Information Week*, 2003.
- Daugherty, P.J., and P.H. Pittman, "Utilization of Time-Based Strategies," *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15, No. 2, 1995, pp. 54-61.
- Daugherty, P.J., P.S. Theodore, and E.E. Alexander, "Leverageing Logistics/Distribution Capabilities: The Effect of Logistics Service on Market Share," *Journal of Business Logistics*, Vol. 19, No. 2, 1998, pp. 35-52.
- Daugherty, P.J., B.M. Matthew, and R.G. Richy, "Information Support for Reverse Logistics: The Influence of Relationship Commitment," *Journal of Business Logistics*, Vol. 23, No. 1, 2002, pp. 85-106.
- Fontelera, J., "Can RFID bring ROI?," *Converting Magazine*, Vol. 24, No. 4, 2006, p. 4.
- Hammer, M., "The Super efficient Company," *Harvard Business Review*, Vol. 79, No. 8, 2001, pp. 82-91.
- IDTechEx, 2005, [www.idtechex.com](http://www.idtechex.com)
- Kotler, Philip, *Marketing Management: Analysis, Planning, Implementation, and Control*, 7th Ed., Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1991.
- Lambert, D.M., C.C. Martha, and J.D. Pagh, "Supply Chain Management: Implementation Issues and Research Opportunities," *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, No. 2, 1998, pp. 1-19.
- Lee, H.L., "The Triple-A Supply Chain," *Harvard Business Review*, 2004, pp. 102-112.
- Lee, S.Y., Kim, Y.I., Seo, C.G., and N.K. Park, "A Study on the potential and Requirements in Shipping Companies with RFID Technology," *International Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 30, No. 2, 2006, pp. 151-159.
- Levary, R.R., "Better supply chains through information technology," *Industrial Management*, Vol. 42, No. 3, 2000, pp. 24-30.

- Lowson, R.H., "The Nature of an Operations Strategy: Combining Strategic Decisions from the Resource-Based and Market-Driven Viewpoints," *Management Decision*, Vol. 41, No. 6, 2003, pp. 538-549.
- McGinnis, Michael A. and Jonathan W. Kohn, "A Factor Analytic Study of Logistics Strategy," *Journal of Business Logistics*, 1990, Vol. 11, No. 2, pp. 41-63.
- Mentzer, J.T., S. Min, and Z.G. Zacharia, "The Nature of Interfirm Partnering in Supply Chain Management," *Journal of Retailing*, Vol. 76, No. 4, 2000, pp. 549-579.
- Mentzer, J.T., W. DeWitt, J.S. Keebler, S. Min, N.W. Nix, C.D. Smith, and Z.G. Zacharia, "Defining Supply Chain Management," *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 2, 2001, pp. 1-25.
- Mentzer, J.T., S. Min, and L.M. Bobbitt, "A Unifying Theory of Logistics," *International Journal of Distribution & Logistics Management*, Vol. 34, No. 8, 2004, pp. 606-627.
- Narasimhan, R., and S.W. Kim, "Information System Utilization Strategy for Supply Chain Integration," *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, No. 3, 2001, pp. 51-76.
- Sanders, N.R., and R. Premus, "It Applications in Supply Chain Organizations: A Link Between Competitive Priorities and Organizational Benefits," *Journal of Business Logistics*, Vol. 23, No. 1, 2002, pp. 65-84.
- Shapiro, J.F., V.M. Singhal, and S.N. Wagner, "Optimizing the Value Chain," *Interface*, Vol. 23, No. 2, 1993, pp. 102-117.
- Stank, T.P., B.K. Scott, and D.J. Closs, "Performance Benefits of Supply Chain Logistical Integration," *Transportation Journal*, Vol. 41, No. 2/3, 2001, pp. 32-47.
- Webster, F.D.Jr., "The Changing Role of Marketing in the Corporation," *Journal of Marketing*, 1992, Vol. 56, No. 4, pp. 1-17.
- Widlingm, R. and T. Delgado., "RFID Demystified," *Logistics & Transport Focus*, Vol. 6, No. 5, 2004, pp. 32-42.

#### 이석용(Seok-Yong Lee)



현재 동명대학교 정보기술원에 재직 중이며, 부산대학교 경영학과에서 박사과정을 수료하였다. 동명대학교 항만물류산업연구소 연구위원으로 해양수산부 RFID기반 항만물류 효율화 시범사업, 컨테이너 적정하역능력 산정시스템 개선, 부산테크노파크의 RFID기반 컨테이너터미널 게이트 통과 자동화 시스템 개발 등 다수의 항만관련 프로젝트에 참여하였다. 주요관심분야는 공급사슬관리, 항만물류 정보화, 비즈니스 인텔리전스 등이다.

### 서창갑(Chang-Gab Seo)



현재 동명대학교 경영정보학과 부교수로 재직 중이며, 서강대학교 경영학과에서 박사를 취득하였다. 동명대학교 사이버경영연구소 소장을 맡고 있으며, 항만물류산업연구소 연구위원으로 해양수산부 RFID기반 항만물류 효율화 시범사업, 컨테이너 적정하역능력 산정시스템 개선, 부산테크노파크의 RFID기반 컨테이너터미널 게이트 통과 자동화 시스템 개발 등 다수의 항만관련 프로젝트에 참여하였다. 주요관심분야는 항만물류 및 항만정보화, 기업혁신전략, EAI 등이다.

### 박남규(Nam-Kyu Park)



현재 동명대학교 유통경영학과 교수로 재직 중에 있으며 한국해양대학교에서 공학사, 그리고 경영학 석/박사학위를 받았다. 주요관심분야는 항만물류시스템 모델링, 자동화컨테이너터미널을 위한 시뮬레이션 및 유비쿼터스 항만시스템 설계 등이 있다.

### 송복득(Bok-Deuk Song)



동서대학교 공학사, 동 대학교 공학석사를 마치고 현재 (주) 지팬스 부설연구소 연구원 재직 중에 있다. 관심분야는 인공지능, 신경망, 무선통신 등이 있다.



<Abstract>

## A Study on the Development of RFID based Automatic Gate Systems in Container Terminals

Seok-Yong Lee · Chang-Gab Seo · Nam-Kyu Park · Bok-Deuk Song

As port competitiveness is becoming more important in the global market environment, RFID (Radio Frequency Identification) is also becoming a crucial enabler to implement efficient, visible, secure and productive ports. However there is a lack of practical validated RFID technology acceptance cases in the port logistics industry until now, even though various related projects have been undertaken.

In this study, we applied 13.56MHz passive RFID readers, tags, and their applications into existing bar-code based gate systems to improve the port logistics process, and we analyzed results of a pilot test in economic and non-economic perspectives. The main purpose of this study is to develop the RFID based automatic gate passing system in container terminals, and is to validate its economic and non-economic feasibility.

In order to accomplish the purpose of this study, first, we examined previous researches on RFID technology acceptance in the port logistics industry, second, we identified and analyzed the business process of existing gate systems in container terminals, third, we build RFID gate systems with 13.56Mhz tags, readers, and its middle-ware, finally we tested the system and its performance.

The results were successful and showed the feasibility of the system in real container terminal gates. Economic and non-economic contribution was confirmed. Although the system has technological limitations with short range passive type, we clearly identified its potential capability and its economic validity in the field, which are the implications of this study.

**Keywords** : RFID, Container Terminal, Gate, Supply Chain Management

\* 이 논문은 2006년 6월 30일 접수하여 1차 수정을 거쳐 2006년 9월 6일 게재 확정되었습니다.