

物流學博士學位論文

컨테이너터미널의 *RFID* 효과 분석

A Study on the Efficiency of RFID Application in Container Terminal

指導教授 南 奇 燦

2007年 2月

韓國海洋大學校 大學院
東北亞物流시스템學科
金 賢

本 論文을 金賢의 物流學博士 學位論文으로 認准함.

委 員 長 工學博士 郭 圭 錫 ㉠

委 員 工學博士 李 哲 榮 ㉠

委 員 工學博士 申 宰 榮 ㉠

委 員 工學博士 許 允 守 ㉠

委 員 工學博士 南 奇 燦 ㉠

2006年 12月

韓國海洋大學校 大學院

東北亞物流시스템學科

金 賢

차 례

Abstract

제1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 방법 및 구성	3

제2장 RFID 및 컨테이너터미널 관련 선행연구 고찰

2.1 해운·항만 환경변화 및 RFID 기술동향	5
1) 해운·항만 환경 분석	5
2) 자동화 컨테이너터미널 운영체계 분석	12
3) RFID 기술동향	18
2.2 RFID를 적용한 컨테이너터미널 시범사업 현황	28
1) RFID 기반 항만물류 효율화사업	28
2) 시범사업 결과	28
2.3 RFID 적용을 위한 선행연구 고찰	34
1) RFID 적용을 위한 이론적 연구	34
2) RFID 측정 및 평가에 대한 연구	38
3) RFID 관련 기존문헌 종합	46

제3장 컨테이너터미널에서의 RFID 시스템 적용방안

3.1 컨테이너터미널 Gate 통과시스템의 적용방안	48
1) Gate 통과시스템 개요	48
2) Gate 통과시스템의 RFID 시스템 적용	50
3.2 컨테이너터미널 장치장 운영시스템의 적용방안	51
1) 장치장 운영시스템 개요	51
2) 장치장 운영시스템의 RFID 시스템 적용	54
3.3 컨테이너터미널 적·양하 운영시스템의 적용방안	55

1) 적·양하 운영시스템 개요	55
2) 적·양하 운영시스템별 RFID 시스템 적용	56
3.4 RFID의 항만물류시스템 적용 방안 및 효과	57
1) 항만물류시스템 적용 방안	57
2) 항만물류시스템 적용 방안에 따른 효과	59

제4장 ANP를 통한 RFID 핵심 적용분야 도출

4.1 ANP 모형 및 조사 설계	63
1) RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 모형	63
2) RFID 기술적용을 위한 평가기준 고찰	64
3) 조사 설계 및 분석방법	65
4.2 ANP(Analytic Network Process) 개요 및 이론적 배경	66
1) AHP와 ANP 개요	66
2) ANP의 이론적 고찰	69
4.3 RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 분석	71
1) 전문가 개인별 ANP 분석 과정	71
2) 전문가 개인별 일관성 비율(CR) 분석	78
3) RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 분석	79
4) 전문가의 업무분야별 RFID 적용분야 도출	87

제5장 RFID 적용을 위한 시뮬레이션 설계 및 구현

5.1 시뮬레이션 수행 목적	92
5.2 시뮬레이션 모형 구축	93
1) 대상 터미널 선정 이유 및 일반현황	93
2) 시뮬레이션 흐름 및 기본구조	97
3) 시뮬레이션 입력자료	98
4) 시나리오 전제조건 및 설정	104
5.3 시뮬레이션 결과 분석	108
1) Gate 시스템 시뮬레이션 결과 및 기대효과	108
2) Yard 시스템 시뮬레이션 결과 및 기대효과	116
3) 안벽 시스템 시뮬레이션 결과 및 기대효과	131

4) 시뮬레이션 종합분석 133

제6장 결론 및 향후 연구방향

6.1 결론 및 시사점 135

6.2 연구의 한계 및 향후 연구방향 138

참고문헌 140

부록

부록 I 전문가 설문지(컨테이너터미널에서 RFID 적용분야 도출을 위한 설문조사) 1

부록 II 통합운영 시뮬레이션 모형 설계 및 구현 9

부록 III 시뮬레이션 하역장비 입력 데이터 분석 16

표 차 례

<표 2-1> 컨테이너선의 선대크기	5
<표 2-2> 포스트 파나막스급 이상 대표적 선형 및 제원	6
<표 2-3> 컨테이너선 대형화에 대한 전망	7
<표 2-4> 8,000TEU급 이상 초대형 컨테이너선 발주 현황	8
<표 2-5> 세계 주요항만의 컨테이너화물 처리량	11
<표 2-6> 컨테이너터미널의 자동화 분야 및 특성	13
<표 2-7> High Quay 특성	16
<표 2-8> DRMGC 시스템 사양	17
<표 2-9> 전송 주파수에 따른 RF(Radio Frequency) 분류	18
<표 2-10> 주파수 범위에 따른 응용분야	19
<표 2-11> RFID 태그 유형별 특징	20
<표 2-12> ISO/IEC 18000-7 리더 및 태그 통신 파라미터	22
<표 2-13> RFID 적용시 요구사항	31
<표 2-14> 컨테이너용 리더 테스트 예	33
<표 2-15> 차량용 리더 테스트 예	33
<표 2-16> BSC 관점에서의 성과 분석 결과	34
<표 2-17> Gate 시스템별 기술적 성공요인 비교	46
<표 2-18> 자동화 Gate의 정상적인 생산성 비교	46
<표 2-19> RFID 관련 연구내용	47
<표 3-1> 항만물류의 RFID 시스템 적용	58
<표 3-2> 서비스 기능 요건 및 대상(컨테이너 추적)	59
<표 4-1> 터미널 Gate 시스템 측면에서의 평가기준별 적용 중요도	66
<표 4-2> '전문가' RFID 터미널 적용분야와 평가기준별 쌍대비교 Matrix ...	71
<표 4-3> 각 열에 대한 합계의 계산	72
<표 4-4> 정규화된 행렬	73
<표 4-5> 행의 합과 중요도(Pi) 계산	74
<표 4-6> RFID 적용분야별 평가기준의 중요도	75
<표 4-7> 평가기준별 RFID 적용분야 중요도	75
<표 4-8> RFID 적용분야별 평가기준에 대한 가중치행렬의 계산	76

<표 4-9> RFID 적용분야별 평가기준에 대한 $\lambda \max$ 의 계산	77
<표 4-10> RI(Random Index)값	78
<표 4-11> '전문가'의 일관성 비율(CR) 분석 결과	78
<표 4-12> 전문가 개인별 일관성 비율(CR) 분석 결과	79
<표 4-13> RFID 적용분야 중 Gate 시스템 측면의 평가기준 중요도	80
<표 4-14> RFID 적용분야 중 Yard 시스템 측면의 평가기준 중요도	80
<표 4-15> RFID 적용분야 중 Shipping 시스템 측면의 평가기준 중요도 ..	80
<표 4-16> RFID 적용분야 중 내륙연계 측면의 평가기준 중요도	81
<표 4-17> RFID 적용분야별 평가기준의 중요도	81
<표 4-18> 평가기준 중 터미널 생산성 측면의 RFID 적용분야별 중요도 ..	82
<표 4-19> 평가기준 중 경제성 측면의 RFID 적용분야별 중요도	82
<표 4-20> 평가기준 중 서비스수준 측면의 RFID 적용분야별 중요도	82
<표 4-21> 평가기준 중 기술활용성 측면의 RFID 적용분야별 중요도	83
<표 4-22> RFID 적용분야별 평가기준의 중요도	83
<표 4-23> 8×8 초기대행렬(W)	84
<표 4-24> 수렴된 대행렬(W4)	85
<표 4-25> 평가기준의 세부평가항목 중요도	86
<표 4-26> 전문가의 업무분야별 ANP 분석결과 비교	91
<표 5-1> 한진해운 감천터미널 일반현황	94
<표 5-2> 한진해운 감천터미널 보유 하역장비 내역	95
<표 5-3> 2005년 한진해운 감천터미널 컨테이너 처리실적	99
<표 5-4> 감천터미널 Gate 시간대별 반입 분포	99
<표 5-5> Gate System별 처리 소요시간	100
<표 5-6> 한진해운 감천터미널 Yard 관련 입력자료	101
<표 5-7> 대상선박의 스케줄	102
<표 5-8> 선박 도착 패턴	104
<표 5-9> 시나리오의 구성	107
<표 5-10> 시나리오별 시뮬레이션 입력자료	107
<표 5-11> Gate 반출·입 부분의 시뮬레이션 결과	113
<표 5-12> Gate 인식방식별 기술적 성공요인 비교	114
<표 5-13> 터미널 Gate 인식방식별 생산성 비교	115
<표 5-14> RFID 적용시 Gate 구축비용 절감 효과 분석	115
<표 5-15> RFID 적용시 Gate 인력 감소 효과 분석	116

<표 5-16> 이송장비 부분의 시뮬레이션 결과 값	124
<표 5-17> Yard 장비 부분의 시뮬레이션 결과 값	125
<표 5-18> 야드 장비 생산성 부분의 시뮬레이션 결과 값	126
<표 5-19> Yard 점유율 부분의 시뮬레이션 결과 값	129
<표 5-20> RFID 적용시 DGPS 대체 효과 분석	130
<표 5-21> G/C 생산성 부분의 시뮬레이션 결과 값	131
<표 5-22> 선석 점유율 부분의 시뮬레이션 결과 값	132
<표 5-23> 컨테이너 크레인 작업자의 인력 절감 효과	133
<표 5-24> 시뮬레이션 종합결과	133

그림 차례

<그림 1-1> 연구의 흐름도	4
<그림 2-1> 미래 해운 네트워크의 발전 가능 구상도	10
<그림 2-2> HHLA CTA의 RMGC 개략도	18
<그림 2-3> RFID 태그 주파수에 따른 국제 표준화 현황	21
<그림 2-4> e-Seal의 운영	23
<그림 2-5> RFID/USN용 주파수분배 각국 동향	24
<그림 2-6> 삼성 TESCO의 RFID 시스템 구성	25
<그림 2-7> CJ GLS의 RFID 시스템 구성	25
<그림 2-8> CJ GLS의 RFID 적용 후 프로세스 변화	26
<그림 2-9> 부산 u-Port 개념도	27
<그림 2-10> 시범사업의 전체 시스템 구성도	29
<그림 2-11> 컨테이너 및 차량의 태그 부착 위치	32
<그림 3-1> 영상문자 인식방식의 시스템 구성도	49
<그림 3-2> 영상문자 인식방식의 Gate 구성도	49
<그림 3-3> 바코드 인식방식의 시스템 구성도	50
<그림 3-4> 바코드 인식방식의 Gate 구성도	50
<그림 3-5> RFID 인식방식의 시스템 구성도	51
<그림 3-6> RFID 인식방식의 Gate 구성도	51
<그림 3-7> T/C에서의 RFID 자동 인식	55
<그림 3-8> RFID 시스템의 선적 자동화 적용	57
<그림 3-9> STAR-BEST 프로젝트 개념도	62
<그림 4-1> RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 모형	63
<그림 4-2> 평가기준과 평가항목의 구성	65
<그림 4-3> AHP의 기본구조	67
<그림 4-4> ANP의 상호평가구조	67
<그림 4-5> RFID 적용분야 도출을 위한 평가기준 및 항목의 중요도	87
<그림 4-6> 항만물류 학계 및 연구분야의 ANP 분석결과	88
<그림 4-7> 항만물류 IT분야의 ANP 분석결과	89

<그림 4-8> 터미널 운영 분야 전문가의 ANP 분석결과	90
<그림 5-1> 한진해운 감천터미널 야드 도면	96
<그림 5-2> 시뮬레이션 전체 흐름도	97
<그림 5-3> 통합 시뮬레이션 이벤트 추출	98
<그림 5-4> 통합 시뮬레이션 통계 모듈	98
<그림 5-5> Gate의 차량 도착 패턴	100
<그림 5-6> 대상선박의 입항 스케줄	103
<그림 5-7> 대상선박의 Berth Window	103
<그림 5-8> 시나리오 1(In Gate)	108
<그림 5-9> 시나리오 2(In Gate)	108
<그림 5-10> 시나리오 3(In Gate)	109
<그림 5-11> 시나리오 4(In Gate)	109
<그림 5-12> 시나리오 5(In Gate)	109
<그림 5-13> 시나리오 6(In Gate)	109
<그림 5-14> 시나리오 7(In Gate)	110
<그림 5-15> 각 시나리오별 In Gate 통과 평균시간 비교	110
<그림 5-16> 시나리오 1(Out Gate)	110
<그림 5-17> 시나리오 2(Out Gate)	110
<그림 5-18> 시나리오 3(Out Gate)	111
<그림 5-19> 시나리오 4(Out Gate)	111
<그림 5-20> 시나리오 5(Out Gate)	111
<그림 5-21> 시나리오 6(Out Gate)	111
<그림 5-22> 시나리오 7(Out Gate)	112
<그림 5-23> 각 시나리오별 Out Gate 통과 평균시간 비교	112
<그림 5-24> 시나리오 1(터미널 내 외부트럭 대수)	117
<그림 5-25> 시나리오 2(터미널 내 외부트럭 대수)	117
<그림 5-26> 시나리오 3(터미널 내 외부트럭 대수)	117
<그림 5-27> 시나리오 4(터미널 내 외부트럭 대수)	117
<그림 5-28> 시나리오 5(터미널 내 외부트럭 대수)	118
<그림 5-29> 시나리오 6(터미널 내 외부트럭 대수)	118
<그림 5-30> 시나리오 7(터미널 내 외부트럭 대수)	118
<그림 5-31> 각 시나리오별 터미널 내 외부트럭의 최대 대수 비교	118
<그림 5-32> 시나리오 1(외부트럭 Turnaround Time)	119

<그림 5-33> 시나리오 2(외부트럭 Turnaround Time)	119
<그림 5-34> 시나리오 3(외부트럭 Turnaround Time)	120
<그림 5-35> 시나리오 4(외부트럭 Turnaround Time)	120
<그림 5-36> 시나리오 5(외부트럭 Turnaround Time)	120
<그림 5-37> 시나리오 6(외부트럭 Turnaround Time)	120
<그림 5-38> 시나리오 7(외부트럭 Turnaround Time)	121
<그림 5-39> 각 시나리오별 외부트럭 최소 Turnaround time 비교	121
<그림 5-40> 시나리오 1(Y/T Turnaround Time)	122
<그림 5-41> 시나리오 2(Y/T Turnaround Time)	122
<그림 5-42> 시나리오 3(Y/T Turnaround Time)	122
<그림 5-43> 시나리오 4(Y/T Turnaround Time)	122
<그림 5-44> 시나리오 5(Y/T Turnaround Time)	123
<그림 5-45> 시나리오 6(Y/T Turnaround Time)	123
<그림 5-46> 시나리오 7(Y/T Turnaround Time)	123
<그림 5-47> 각 시나리오별 Y/T 최소 Turnaround time 비교	123
<그림 5-48> 시나리오별 Rehandling 수량 비교	125
<그림 5-49> 야드 장비의 생산성 비교	126
<그림 5-50> 야드 장비의 Working Rate 비교	126
<그림 5-51> 시나리오 1(야드 점유율)	127
<그림 5-52> 시나리오 2(야드 점유율)	127
<그림 5-53> 시나리오 3(야드 점유율)	128
<그림 5-54> 시나리오 4(야드 점유율)	128
<그림 5-55> 시나리오 5(야드 점유율)	128
<그림 5-56> 시나리오 6(야드 점유율)	128
<그림 5-57> 시나리오 7(야드 점유율)	129
<그림 5-58> 각 시나리오별 야드 점유율 비교	129
<그림 5-59> G/C 생산성 비교	132
<그림 5-60> G/C Working Rate 비교	132

A Study on the Efficiency of RFID Application in Container Terminal

Kim, Hyun

Department of Logistics in Northeast Asia,
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

The competition of shipping companies, ports and transportation modes has been influenced seriously by the introduction of ultra-large containerships, M&A or strategic alliances among shipping companies, and the business expansion of shipping companies for private terminals. In this competitive environment, each port expands facilities and equipment, improves information systems and customer service, reduces total costs as well as time. Especially, container terminal operators find and solve operational problems to eliminate unproductive factors. According to the Ubiquitous environment, operational systems applying RFID/USN technology have realized and gained convenience and efficiency. Investigations and researches on RFID/USN application to port logistics are also in progress because of its expected potential to improve efficiency of container terminals.

This thesis shows the trends in RFID technology and case studies which are applied to port logistics. On the basis of previous researches, the fields which are applicable by RFID applications are derived and analyzed to make assure the applicability. With ANP analysis, a survey of specialists estimates priority of various fields applied by RFID in container terminals. Simulation is also utilized to improve practical

application to overcome the limits of ANP analysis. On the basis of this research, five advantageous effects are presented when RFID technology is applied to container terminals. First, Gate area is optimal to apply RFID system in container terminals. It is expected to deliver containers smoothly and solve the existing problems of Bar-Code system and container number recognition system. Especially, it is possible to reduce manpower as well as incoming and outgoing time of Gate. Second, the construction of RFID infrastructure is important to track movements of containers and the advance information related to movements maximize the efficiency of RFID. Third, the rate of rehandling equipment is lowered and the utility of yard space is improved when Ubiquitous system representing RFID and USN is applied. Also, the movement of equipment is minimized because it is recognized in advance. To improve productivity, it is necessary to build RFID, RTLS and Job Order receiving of Yard Tractor at once. Forth, the real-time system for container information is expected to improve customer service although RFID/USN system is less important than productivity and economical efficiency from the viewpoint of terminal operation. Finally, the problems related to container security should be under consideration. Because security and safety will be strengthened although its importance is the lowest as a result of ANP analysis. Especially, all of the containers which are not applicable to RFID system are going to be inspected in detail by the American customs.

As a result, the lead time for imports and exports will be longer due to customs clearance delays and so on, and it is considered a disadvantage for this system, and has a negative effect on International Logistics of transport system. Therefore, systematic approach is needed for container security.

제1장 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

세계경제 환경의 글로벌화는 다국적기업들에게 경영의 세계화를 촉진시켜 전 세계를 대상으로 국경 없는 무역이 가능하게 하였다. 해운·항만 환경변화도 세계경제 환경변화와 그 맥을 같이하고 있다. 글로벌 기업과 마찬가지로 컨테이너 선사들도 경쟁시장에서 도태되지 않기 위해서 선박의 대형화와 선사 간 인수합병 및 전략적 제휴, 선사전용터미널 확보 등을 통하여 자사의 경쟁력을 확보하고 있다. 이러한 선사들의 변화에 탄력적으로 대응하기 위해 세계 각국의 주요항만들은 대규모 항만시설과 장비의 확충, 항만정보시스템의 효율화, 항만서비스 질의 향상, 선박 재항시간 단축, 항만하역비용 및 선박입출항 비용의 할인, 불탑 인센티브 등의 유인정책 등을 추진하고 있다. 특히, 세계 주요항만들은 초대형 컨테이너선을 유치하고, 주변 항만과의 차별화된 서비스를 제공하기 위해 거대 신항을 집중적으로 개발하고 있다. 차별화된 서비스의 일환으로 로테르담, 함부르크, 싱가포르 등의 항만에서는 자동화 컨테이너터미널을 실제 운영하고 있으며, 상하이, 부산, 카오슝 등에서도 자동화터미널을 계획 또는 건설 중에 있다. 국내·외 선진 자동화 컨테이너터미널의 첨단기술 도입은 주로 컨테이너터미널 운영을 위한 정보시스템 및 운영 장비(G/C, Y/T, T/C 등)에 집중되어 왔으나, 최근 RFID(Radio Frequency IDentification) 기술이 등장함에 따라 국내·외 컨테이너터미널 Gate에서 차량 및 컨테이너 인식의 자동화를 위한 노력이 진행되고 있다.

한편, 미국 세관의 2007년도 e-Seal 적용 법제화 움직임과 ISO의 RFID관련 기술표준수립, WSC(World Shipping Council) RFID 워킹그룹과 ISO의 표준화 활동에 의하여, 미국 주도하에 e-Seal 관련 표준을 수립할 예정이다. 또한, 미국 세관의 Seal Verification Rule은 해운산업 전반에 미치는 영향을 고려하여, 2006년 초안을 작성하여 2007년 적용 예정이며, 적용 후부터 미주 행 컨테이너의 e-Seal 부착의무화가 예상된다. 따라서 Seal Verification Rule 발효 후, e-Seal의 탈부착 검증이 가능한 항만으로 수출입화물 유입증가가 예상되기 때문에, RFID 인프라 구축이 반드시 필요하게 되었다. 이와 같이 급격한 RFID의

변화에 따라 우리나라의 해운·항만 물류분야에서도 이에 대한 대응이 요구되게 되었다. 이는 결국 컨테이너터미널 Gate에서 차량 및 컨테이너 인식의 자동화를 위한 방안, 보안 및 통관의 신뢰성과 신속성을 확보하기 위한 방안, Gate 반입 전 컨테이너 정보의 획득에 따른 장치장의 공간 활용성 및 장비의 재조작률 (Rehandling Ratio) 제고 방안, 안벽에서 이루어지는 적·양하 생산성 제고 방안 등 다양한 분야에서 RFID를 활용하기 위한 노력으로 이어지고 있다. 이는 향후 RFID를 통한 컨테이너터미널 Gate 업무의 효율성 향상 및 보안강화 측면에서 기여하는 바가 클 것으로 예상된다.

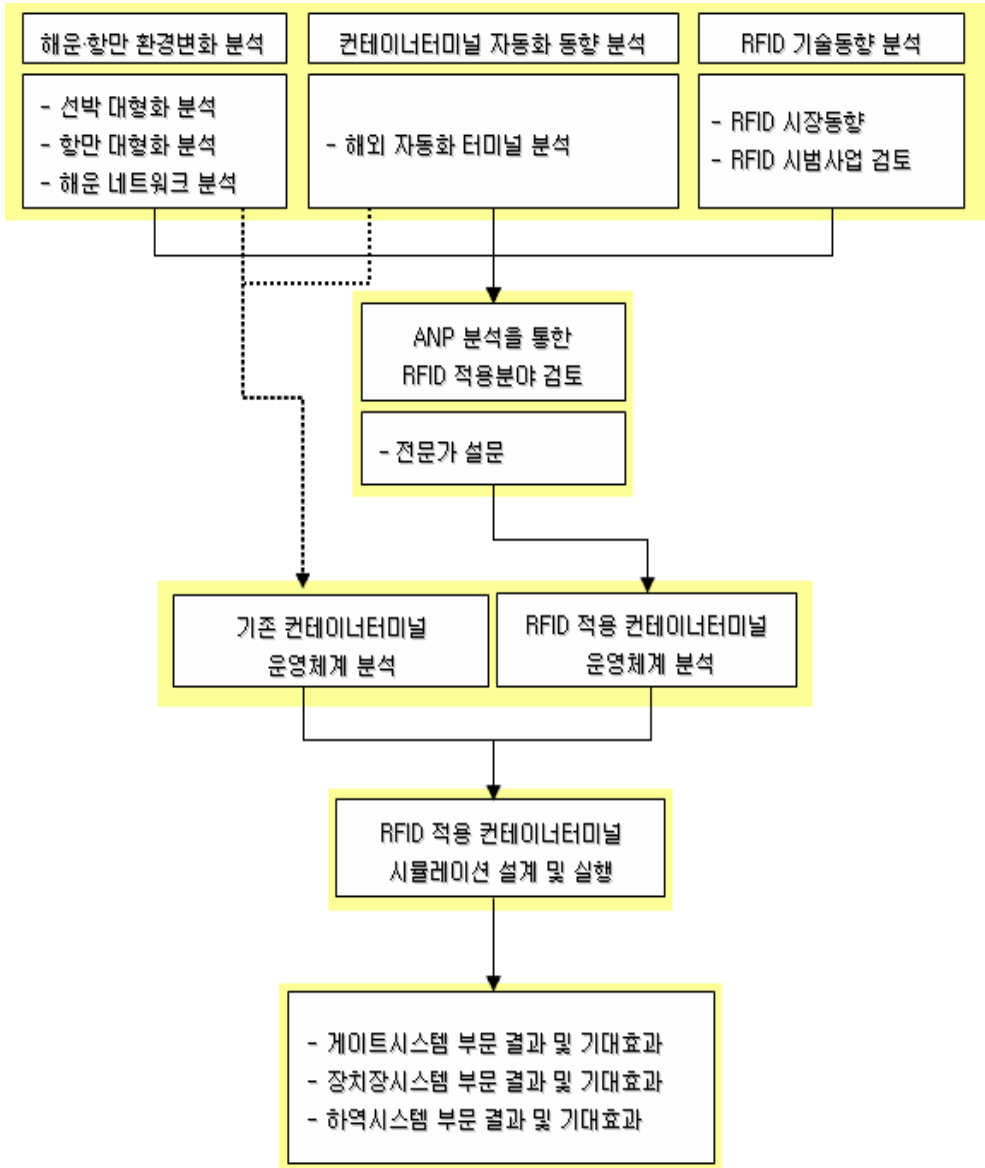
그러나 이러한 기대에도 불구하고 지금까지 발표된 컨테이너터미널의 RFID 적용 효과에 대한 국내연구는 대부분이 비즈니스 모델의 개발이나 각 요소의 기능에 대한 설계 부분과 RFID 표준화를 위한 기술개발 부분에만 집중되어 있다. 실질적으로 RFID를 적용하는 단계에 있어서 어떤 분야에서도 적용 기대효과를 측정했던 연구는 없었으며, 해양수산부의 RFID 시범사업에서조차 터미널의 생산성, 효율성, 경제적 효과와 서비스 수준 등에 대한 실증분석이 이루어지지 못하였다.

따라서 본 연구에서는 다음과 같은 구체적인 연구목적을 가진다. 첫째, 자동화 컨테이너터미널 운영을 크게 Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, 내륙연계 시스템으로 구분하여 RFID 적용 기대효과에 대해서 구체적으로 제시하고자 한다. 둘째, 다목적 의사결정분야에서 많이 사용되고 있는 AHP(Analytic Hierarchy Process)의 한계점을 개선한 새로운 방법인 ANP(Analytic Network Process)를 이용해 컨테이너터미널에서 RFID 기술 적용가능분야를 도출하고자 한다. 셋째, 기존 RFID 관련 선행연구들에서 제시하지 못하였던 생산성 변화정도를 정량적으로 파악하고자 한다. 보다 현실적인 결과를 도출하기 위해 해양수산부 RFID 시범사업에서 생성되었던 컨테이너 데이터와 일반 컨테이너터미널에서 생성되는 데이터를 수집하여 실제 터미널 운영업체에서 활용하고 있는 시뮬레이터(CTMA-AS, 안벽·야드·Gate 능력분석; CTMI-AI, 장비능력분석; SIM Result, 시뮬레이션결과 심층 및 비교분석)를 활용하여 생산성 변화정도를 분석하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 구성

컨테이너터미널의 RFID 적용은 터미널 생산성제고는 물론 날로 다양해지는 화주의 서비스 요구수준에 부응하고, 9.11테러에 따른 미국의 컨테이너 화물 보안 검색 강화 움직임에 적극적으로 대처하는 좋은 방안이 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 컨테이너터미널의 RFID 적용가능 분야 도출을 위해 항만물류 분야 전문가 집단의 설문을 통해 Gate, Yard, Shipping, 내륙연계 분야로 나누어 생산성, 경제성, 서비스 수준 및 기술적용 분야의 관점으로 각각의 중요도를 ANP(Analytic Network Process) 분석을 통해 수행하였다. 이러한 중요성 분석을 검증하기 위해 실제 컨테이너터미널에서 사용하고 있는 시뮬레이터를 사용, RFID 시스템을 통해 사전정보가 제공될 경우를 시간대별 시나리오를 구성하여 적용가능성이 가장 높은 Gate와 Yard의 터미널 생산성 변화를 측정하였다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 제2장에서는 해운 환경변화와 그에 따른 항만의 대응방향, RFID 기술동향을 조사하고 시범사업이 완료되어 확산사업으로 진행되고 있는 해양수산부의 'RFID를 이용한 항만물류 효율화 사업' 결과를 제시하고 마지막으로 RFID 적용을 위한 선행 연구를 고찰하였다. 제3장에서는 기존 컨테이너터미널에서의 RFID 적용구축방안을 Gate, 장치장, 적·양하 운영 시스템으로 구분하여 구체적으로 제시하였다. 제4장에서는 항만물류 전문가 집단으로부터 수집된 설문을 바탕으로 ANP(Analytic Network Process) 분석을 통해 컨테이너터미널의 RFID 적용분야를 도출하였다. 제5장에서는 제4장에서 도출된 적용분야를 한진해운 감천터미널의 2005년도 1월 1일부터 2005년 12월 31일의 실제 데이터와 RFID 시범사업에서 생성된 데이터를 이용하여 일주일기간의 시뮬레이션을 통하여 생산성 변화정도를 정량적으로 산출하고 RFID를 적용함으로써 기대되는 효과를 분석하였다. 제6장은 결론으로서 컨테이너터미널의 RFID 적용 효과 분석결과를 요약하고, 본 연구의 한계 및 향후 연구 과제를 제시하였다. 본 연구의 흐름도는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구의 흐름도

제2장 RFID 및 컨테이너터미널 관련 선행연구 고찰

2.1 해운·항만 환경변화 및 RFID 기술동향

1) 해운·항만 환경 분석

(1) 해운환경의 변화

가. 선박 대형화

정기 컨테이너 선사들은 컨테이너선의 대형화로 인한 규모의 경제(Economies of Scale) 효과를 추구하여 왔으며, 그에 따라 1980년대에는 3,000TEU급 선박이 보편적이었으나 1996년 Maersk Line의 6,000TEU급 선박이 최초로 취항하였으며, 2000년 들어서 7,000TEU급 선박이 등장하였다.

<표 2-1> 컨테이너선의 선대크기

(단위 : TEU/척)

순위	선사명	계		자사선		용선		자사선 대비 선복량 비율
		선복량	척수	선복량	척수	선복량	척수	
1	Maersk-SL	1,493,587	547	690,449	167	803,138	380	53.77%
2	MSC	681,334	257	474,046	178	207,288	79	30.42%
3	Evergreen	436,084	151	348,358	112	87,726	39	20.12%
4	CMA-CGM	411,931	185	130,253	45	281,678	140	68.38%
5	APL	315,879	99	123,855	35	192,024	64	60.79%
6	한진해운	298,173	80	69,951	18	228,222	62	76.54%
7	CSC	290,089	111	125,541	66	164,548	45	56.72%
8	COSCO	289,800	118	222,834	101	66,966	17	23.11%
9	NYK	281,722	105	167,650	40	114,072	65	40.49%
10	OOCL	237,318	67	149,962	28	87,356	39	36.81%
	합계	4,735,917	1,720	2,502,899	790	2,233,018	930	52.85%

자료 : Containerisation International, 2005년 5월호 / P&O Nedlloyd는 Maersk-SL에 포함

한편, Maersk-Sealand의 경우 총 선복량이 1,494천TEU이며 선박척수는 547척으로 단일선사로서는 세계 최대 규모인 것으로 나타났다. 또한 조선관련 기술의 발달로 12,000TEU급, 심지어는 15,000TEU급 선박의 건조가 가능하다는 주

장과 함께 향후 컨테이너선의 대형화는 지속될 전망이다. 이와 같이 선박 대형화가 진전됨에 따라 컨테이너선박들은 규모를 기준으로 1세대에서 8세대에 이르는 세대를 기준으로 분류되기도 하며, 선박 운항에 있어서 가장 큰 물리적 제약 요인인 Panama 운하를 기준으로 Panamax, Post-Panamax, Super-Panamax 등으로 구분된다.

<표 2-2> 포스트 파나마급 이상 대표적 선형 및 제원

(단위 : m)

구 분	4,500TEU	4,800TEU	5,500TEU	6,500TEU	7,000TEU	8,000TEU	12,000TEU	15,000TEU
명칭	Post-Panamax			Super Post-Panamax			Suez-Max	Malacca-Max
길이	260.0	262.0	263.0	302.3	326.4	325.0	400.0	400.0
폭	39.4	40.0	40.0	42.8	42.8	46.0	50.0	60.0
깊이	23.6	24.3	24.3	24.1	24.1	27.1	35.0	35.0
흘수	12.5	14.0	14.0	14.0	14.5	14.5	17.04	21.0

자료 : Payer, H(1999), Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8,000TEU and Beyond, Terminal Operation Conference & Exhibition, Genoa
 Wijnolst, N., Schlotens, M., Waals, F.(1999), Malacca-Max; The Ultimate Container Carrier, Delft University Press
 한국컨테이너부두공단(2004), 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구, 해당내용 재정리

최근 Suez 운하를 기준으로 하는 Suez-Max 선박 그리고 더 나아가서 Suez 운하 준설을 전제로 하고 Malacca 해협을 제약으로 하는 Malacca-Max급 선박이 소개되었다(Wijnolst et al, 1999).

Suez 운하의 흘수와 폭을 감안하여 제시된 최대 선박은 길이 400m, 폭 50m, 흘수 17.04m이며 최대 적재능력은 11,989TEU이고, Malacca 해협의 최대 흘수 21m를 기준으로 한 Malacca-Max 선박은 길이 400m, 폭 60m, 흘수 21m이며 최대적재능력은 18,154TEU이다.

한편 <표 2-3>을 살펴보면, 컨테이너선박 대형화에 대한 전망은 연구자에 따라 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 선박 설계 측면에서는 대형화에 대하여 낙관적인 전망을 하는 것이 일반적이며, 선박운항 및 항만운영 측면에서는 보수적이거나 다소 부정적인 관점을 보이고 있다. 그러나 이미 11,000TEU급 선박이 운항 중이고 향후 12,000TEU급 이상 선박의 출현을 인정하고 있다.

<표 2-3> 컨테이너선 대형화에 대한 전망

구 분	선박대형화에 대한 견해
Alfred J. Baird (1999)	<ul style="list-style-type: none"> • 2020년 : 10,000TEU급 이상 선박 출현 (세계 10위권 선사들 가운데는 2007년까지 10,000TEU급, 2015년까지는 12,000급, 2015년 이후에는 14,000TEU급 출현을 예상한 사례도 있음)
Hans J. Payer (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • 2000년대 초 : 12,000TEU급 출현 예상
Rijssenbrij (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • 향후 15~30년 이내에 15,000~18,000TEU급 출현
Ocean Shipping Consultants (2000)	<ul style="list-style-type: none"> • 2005년 : 8,500TEU급 취항 (2008년 : 12,000TEU급 20~40척 운항) • 2010년 : 12,500TEU급 취항 (2012년 : 12,000TEU급 54척 내외 운항)
Lloyd's (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 향후 5~10년 내에 12,500TEU급 출현
Drewry Shipping Consultants (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • 2005년 : 8,000~9,000TEU급 12척 내외 운항 • 2010년 : 12,000TEU급 24척 내외 운항
IAPH (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • 2010년까지 · 회의적 견해 : 8,000TEU로서 충분 · 낙관적 견해 : 12,500TEU (해운산업의 요구) · 중도적 견해 : 9,000~9,300TEU (가장 실제적)

자료 : 한국컨테이너부두공단(2004), 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구

나. 초대형선 발주 현황 및 계획

Maersk-Sealand사, COSCO사, CSCL사 등 세계 주요 정기 선사들의 8,000~9,000TEU급의 대형 컨테이너선에 대한 신조발주가 증가하고 있는 추세이다. 2006년을 기준, 건조중인 8,000TEU급 이상 컨테이너선 중 최대선형은 Maersk-Sealand사의 11,000TEU급이며 다음으로 COSCO사의 10,000TEU급, CSCL사의 9,600TEU급, COSCO사의 9,400TEU급 등의 순이다.

<표 2-4> 8,000TEU급 이상 초대형 컨테이너선 발주현황

(단위 : 척, TEU)

선형	운항선사	척수	선복량	인도기간	조선소
10,000TEU급	COSCO	4	40,000	2008	Hyundai
9,600TEU급	CSCL	9	86,400	2006~2007	Samsung
9,400TEU급	COSCO	5	47,000	2006	Hyundai
9,200TEU급	COSCO	5	46,000	2008	Nantong KHI
	MSC	13	119,600	2005~2007	Samsung
	Maersk Sealand	4	36,800	2007~2008	Samsung
	CMA CGM	4	36,800	2006	Hyundai, Samho
8,700TEU급	Hapag Lloyd	2	17,400	2005	Hyundai
	NYK	4	34,800	2007	Hyundai
8,600TEU급	Hapag Lloyd	5	43,000	2007~2008	Hyundai
	HMM	4	34,400	2008	Hyundai, Samho
	P&O Nedlloyd	5	43,000	2008	Hyundai, Samho
8,500TEU급	CSCL	4	34,000	2007	Hudong Zhonghua
	P&O Nedlloyd	6	51,000	2005~2007	IHIMU
8,400TEU급	Hapag Lloyd	2	16,800	2005	Daewoo
	P&O Nedlloyd	3	25,200	2006	Daewoo
	MSC	4	33,600	2005~2007	Daewoo
	Maersk Sealand	6	50,400	2006~2008	Daewoo
8,200TEU급	MSC	6	49,200	2005~2006	Hyundai
	COSCO	3	24,600	2005~2006	Samho
	CMA CGM	10	82,000	2005~2007	Hyundai, Samho
	Yang Ming	5	41,000	2008~2009	CSBC
8,100TEU급	K Line	4	32,400	2006~2007	IHIMU
	NYK	4	32,400	2007~2008	IHIMU
	MOL	4	32,400	2007~2008	MHI
	Evergreen	5	40,500	2005~2006	Samsung
	Hatsu	1	8,100	2006	Samsung
	Lloyd Triestino	1	8,100	2005	Samsung
	Hatsu	1	8,100	2006	Samsung
OOCL	4	32,400	2006~2007	Samsung	
8,000TEU급	MSC	8	64,000	2005~2006	Hanjin
	Yang Ming	4	32,000	2006~2007	Hyundai
합계	-	149	1,283,400	-	-

자료 : CI-Online, 2005년 4월 기준

컨테이너 선박 대형화에 의한 정기선 선사들의 단위수송당 비용절감 효과 분석 (자료 : Drewry Shipping Consultant)을 살펴보면 6,000TEU급 선박과 4,000TEU급

선박의 TEU당 연간 운영비용을 비교할 때, 6,000TEU급 선박이 21.1%의 비용절감이 있는 것을 알 수 있다.

컨테이너선이 대형화될 뿐만 아니라 6,000TEU급 선박의 운항속도가 평균 24노트이며, 현대화된 조선기술에 의해 이보다 더 빠른 초고속선의 등장이 예상되고 있다. 선박운항속도의 고속화는 화주에게 보다 신속한 서비스를 제공할 수 있으며, 해상수송이 철도·트럭에 대응하는 신속성을 갖게 되어 경쟁력을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

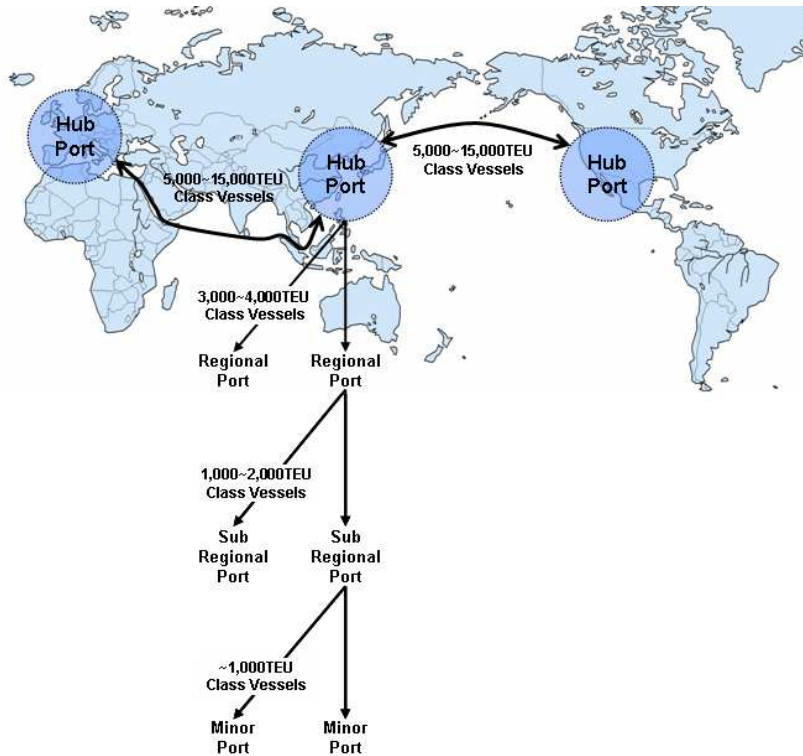
(2) 항만환경의 변화

가. 해운환경의 변화로 인한 항만환경의 변화

1990년대 초 Post-Panamax급 컨테이너선박의 등장 이후 선박 대형화는 지속적으로 이루어지고 있는 실정이며, 이미 11,000TEU급 컨테이너선박의 운항이 시작되었다. 또한, 2005년까지 발주된 8,000TEU급 이상의 선박은 149척으로 이러한 선박 대형화는 계속될 것으로 전망되며, 향후 12,000TEU~15,000TEU급 선박의 출현도 가능할 것으로 예상하고 있다.

한편, 전 세계 선박들의 평균 선형 변화는 선박 대형화가 계속해서 이루어지고 있음을 보여주고 있다. 이러한 선박 대형화는 선사의 기항지 축소전략으로 이어질 것으로 예상되며 이는 항만 간 경쟁을 가속화할 것으로 판단된다.

선박이 대형화됨에 따라 선사들은 각 지역별 거점 항만들을 중심으로 Hub & Spokes 체제의 네트워크를 구축할 것이며, 기존의 중소형 선박들은 지역거점항으로부터 지역항 및 연안지역의 항만들을 중심으로 운항하는 피더서비스에 투입될 것으로 분석된다. 불과 몇 년 전, 기간항로상 주력 선대로 운항하였던 4,000TEU급 컨테이너선박들이 향후 등장할 10,000TEU급 이상의 선박들로 인하여 지역별 네트워크에 투입될 가능성이 있다는 것은 컨테이너선의 규모가 빠른 속도로 증가하고 있음을 보여주고 있다.



<그림 2-1> 미래 해운 네트워크의 발전 가능 구상도

자료 : 김태원 외(2006)

해상 운송 물동량의 증가와 선박의 대형화 등 해운시장의 대형화는 항만의 대형화와 함께 화물 집중화 현상을 나타나게 했다. 특히 2004년 컨테이너처리량 기준 상위 10개 항만은 전 세계 컨테이너 물동량인 313백만TEU중 38.70%인 121백만TEU를 처리하였고, 상위 20개 항만은 53.29%인 167백만TEU를 처리하였다(<표 2-5> 참조). 이러한 항만의 대형화와 집중화는 선사들의 기항지 축소 전략과 중심항만 기항정책에 의한 결과로 볼 수 있으며, 지역별 중심항만이 되기 위한 경쟁이 지속될 것으로 판단된다.

<표 2-5> 세계 주요항만의 컨테이너화물 처리량(2004년 기준)

순위	항만	총 처리물량(TEU)	비율
1	Hong Kong	21,984,000	7.03%
2	Singapore	20,600,000	6.59%
3	Shanghai	14,557,200	4.66%
4	Shenzhen	13,650,000	4.37%
5	Busan	11,430,000	3.66%
6	Kaohsiung	9,710,000	3.11%
7	Rotterdam	8,281,000	2.65%
8	Los Angeles	7,321,440	2.34%
9	Hamburg	7,003,479	2.24%
10	Dubai	6,428,883	2.06%
Sub Total	Ranking 1~10	120,966,002	38.70%
Sub Total	Ranking 11~20	45,638,396	14.60%
Sub Total	Ranking 1~20	166,604,398	53.29%
Total	332 Ports	312,608,904	100.00%

자료 : Containerisation International(2005)

나. 항만의 대형화

항만의 경우 초대형선 입항에 따른 시설을 갖추어야 하며 일시에 대량의 컨테이너를 하역하기 위해 필요한 하역장비의 보강, 운영시스템의 효율성 제고, 넓은 배후부지의 확보, 연계 수송시설의 확충 등이 요구된다. 이러한 측면에서 Payer(1999)는 'Mega Container Ships'의 최대 장애 요인으로서 엔진 최대 출력 외에 터미널 하역시스템, 항만 인프라, 항만 수심 등을 들었다. 이러한 제약 요인들 가운데 최근 신항만 개발과 함께 대두되는 주요 관심사는 안벽 수심이다. 안벽 수심은 준설을 통하여 증심이 가능한 측면도 있으나 그 정도에 한계가 있고 초대형선을 수용하는 문제에 있어서는 최대 제약 요인으로 꼽히기도 한다.

현재 로테르담항을 제외한 전 세계 주요항만의 최대 수심은 15m이며, 부산신항만 등 일부 터미널의 경우 16m로 개발되고 있다. 8,000TEU급 선박의 설계

흘수가 14m 정도인 점을 감안하면 부산, 광양, 고베, 카오슝, 싱가포르, 홍콩 등의 아시아 주요 항만과 함브르크, 앤트워프, 펠릭스토우 등 유럽의 주요항만들은 8,000TEU급 선박을 수용할 수 있다.

그러나 10,000TEU급 이상의 선박을 고려할 때 흘수 21m에 달하는 Malacca-Max급 선박을 수용할 수 있는 로테르담항을 제외한 그 외의 항만들은 심각한 수심 제약 문제에 직면하게 될 것이다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 세계 주요 항만들은 최대 19m까지의 수심을 확보하기 위한 항만개발 사업을 추진 중에 있다.

동시에 초대형선이 전 세계 3~4개국 정도의 항만에 기항할 것이라는 시나리오를 기반으로 5,000TEU 이상의 대규모 화물을 기존 주력 선대인 6,000TEU급 선박과 동일한 재항시간(24시간) 내에 하역할 수 있는 하역시스템의 개발이 추진되고 있다.

2) 자동화 컨테이너터미널 운영체계 분석

최근 기술의 진전, 선박의 대형화 및 고속화, 기존 터미널의 한계 등으로 인하여 자동화 터미널에 대한 관심이 고조되고 있다. 선박의 대형화 추세 속에서 8,000TEU급 선박이 세계 주요항만에 취항하고 있고, 11,000TEU급 선박의 등장 에 따라 주요 항만국들을 중심으로 신항만 건설이 적극 추진되고 있다. 또한 네덜란드 등 항만자동화의 기술선진국에서는 이미 미래형 터미널에 대비한 종합적인 계획을 수립하고 체계적인 기술 개발에 나서고 있다.

본 연구의 목적인 컨테이너터미널에서의 RFID 시스템 적용은 컨테이너터미널 자동화시스템의 효율적인 연계를 통한 생산성 향상이 궁극적인 목표라 할 수 있다. 따라서 본 절에서는 향후 컨테이너터미널에서의 RFID 적용을 위하여 현재 운영 중이거나 계획 중인 자동화 컨테이너터미널에 대하여 검토하고자 한다.

(1) 자동화 터미널 개념

일반적으로 컨테이너터미널의 자동화는 하역 장비의 무인화 측면에서 고려하게 되는데 좀 더 구체적으로 고찰하기 위해서는 계획시스템(Planning Systems) 자동화, 운영통제시스템(Operating and Monitoring Systems) 자동화, 하역장비

(Handling Systems) 자동화 등으로 구분해서 고려해야 한다. 이러한 분류는 터미널의 운영을 기준으로 한 것이다. 하역 장비의 자동화는 운영통제시스템의 자동화가 선행되는 것을 조건으로 하기 때문에 하드웨어 자동화와 소프트웨어 자동화는 밀접하게 관련되어 있으며, 우선순위를 둔다면 소프트웨어 측면의 자동화가 선결되어야 한다.

컨테이너터미널 자동화 분야는 요소 기술 부문, 소프트웨어 부문 그리고 하드웨어 부문으로 나누어서 살펴볼 수 있다. 요소기술 부문은 자동화의 근간이 되는 기술로서 주요 내용은 무선 데이터 전송 시스템, Network 및 Database, 자동장비 및 컨테이너 인식시스템, 관제(Monitoring) 시스템 등으로 구성된다.

소프트웨어 부문은 계획자동화 시스템, 운영 통제 자동화 시스템, 터미널 계획 및 운영 평가 시뮬레이션 모형 등으로 구분할 수 있다. 하드웨어 부문은 Gate 자동화, 컨테이너크레인, 야드 크레인, 야드 트랙터 등 하역 장비 자동화 등으로 구성된다.

이들 각 부문은 상호 밀접하게 관련되어 있으며, 자동화 부문의 각 기능과 관련 핵심 기술 그리고 목적 등은 <표 2-6>과 같다.

<표 2-6> 컨테이너터미널의 자동화 분야 및 특성

구분	주요 모듈	요소기술	주목적	시스템간 연관성
계획시스템 자동화	<ul style="list-style-type: none"> 선석배정 Ship Planning Yard Planning 	<ul style="list-style-type: none"> 최적화 모형 인공지능기법 	<ul style="list-style-type: none"> 시간단축 장치장, 장비 이용률 극대화 	<ul style="list-style-type: none"> 독립적
운영통제 시스템자동화	<ul style="list-style-type: none"> Gate 통제시스템 장치장 통제시스템 장비 통제시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 인식기술 최적화 모형 인공지능기법 	<ul style="list-style-type: none"> 장치장, 장비 이용률 극대화 생산성 향상 	<ul style="list-style-type: none"> 독립적 계획자동화와 연계시 효율 극대화
장비자동화	<ul style="list-style-type: none"> Gate 자동화 크레인, 트랙터 무인화 	<ul style="list-style-type: none"> 인식기술 컨트롤 기술 	<ul style="list-style-type: none"> 시간단축 인력 절감 	<ul style="list-style-type: none"> 독립적 대규모터미널의 경우 계획, 운영시스템과 연계 필요

자료 : 최장림 외(1999)

(2) 해외 자동화 터미널 및 기술 개발 현황

가. ECT AGV/ASC 시스템

현재 가동되는 장비 무인화 시스템인 유럽 ECT 시스템은 AGV(Automated Guided Vehicle), ASC(Automated Stacking Crane), S/C(Straddle Carrier) 등의 기기와 제어시스템인 PCS(Process Control System)로 구성되어 있다. AGV는 Quay Crane 과 ASC사이에서 컨테이너를 운반하는 데 쓰이며 주로 20', 40', 45' 규격의 컨테이너를 운반한다. 무선통신을 통해 AGV는 PCS에 실제 위치를 보고하고, PCS는 어떤 AGV에 작업 지시를 내릴 것인가를 결정하여 통보하며, AGV는 PCS로부터 명령을 받은 후 컨테이너 처리장 내의 지정경로를 따라 이동한다. 자체 Navigation 시스템을 통하여 위치와 방향을 점검하고, 속도를 조정할 수 있으며, 엔진 가열온도, 연료 수준 등을 모니터한다.

ASC는 무인 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane)로서 일반적으로 표준 규격의 컨테이너만을 적재하는 것을 원칙으로 하며, Oversized Container의 경우 Overheight Spreader가 장착된 유인 크레인인 ASC-M이 분리된 레인에서 이를 적재한다. ASC에 있어서 PCS의 역할은 장치장계획이 수립된 후 ASC에게 각 컨테이너 적재장소를 지시하는 것이다. 육측과 해측 사이에서 컨테이너를 교환해야 하는 경우에도 적절한 교환 장소를 PCS가 지시한다.

AGV는 터미널 내에서 고정된 레인을 따라 이동하는 것을 원칙으로 하며, Quay Crane 아래에 6개의 AGV 레인이 설치되고, 장치장내에는 안벽과 평행하게 수개의 레인이 설치된다. 장치장내의 각 레인은 서로 독립적으로 운영되며, 특정 안벽 크레인에 여러 개의 컨테이너가 할당될 때 AGV 도착 순서를 레인에서 조정한다. 즉, 레인 운영방식은 임의지정방식이 아닌 고정지정방식을 채택하고 있다. 이는 운영에 있어서 유연성이 떨어지는 면이 있으나 통제가 용이한 장점이 있다.

터미널 자동화에 있어서 중요한 기능을 담당하는 운영정보시스템의 주요 모듈은 장치장 및 안벽에서 이루어지는 제반 작업을 담당하는 Marine Terminal 정보시스템이며, 통신 및 지시사항 전달, 선석배정계획, 본선적부계획(Ship Planning), 터미널 운영과 관련된 제반 작업의 계획(PAS), 유인 및 무인장비 통

제(PCS), 운영전반의 모니터 등의 기능을 수행한다.

정보 시스템 가운데 주요 기능은 PAS(Planning & Administration System)와 PCS(Process Control System)이다. PAS는 사전에 수립되는 작업계획을 수행하며, PCS는 실제 작업 상황에서 세부적인 작업 지시를 내리는 기능을 수행한다.

나. FAMAS(First, All Modes, All Sizes)

1996년 네덜란드의 The Centre of Transport Technology에 의하여 모든 크기, 모든 수단을 동일한 서비스 수준으로 처리할 수 있는 차세대 컨테이너터미널을 개발하는 것을 목적으로 하는 FAMAS 프로그램이 제의되었다. 이 프로그램은 선박의 대형화 추세를 감안하여 최대 10,000TEU급 선박을 포함하며, ECT, Siemens Netherlands, Nelcon, Cap Germini 등이 컨소시엄을 구성하여 1997년 5월에 시작되었다.

본 프로젝트는 ECT에서 입증된 기술을 시작점으로 하는데 New Terminal Control(NewCon), Jumbo Container Crane(JCC), Automated Guided Vehicles(AGV) 등과 같은 세부 프로젝트로 구성되며, 각 프로젝트를 통하여 Anti-Sway 및 Anti-Skew 컨트롤러, 장치장 계획 알고리즘, AGV 컨트롤, 터미널 정보시스템 등의 기술개발 및 기술향상이 이루어진다.

FAMAS는 터미널의 새로운 기술보다 입증된 기술수준을 향상시키는 것을 목적으로 하며, 이송 및 장치작업 자동화에 초점을 맞추어 ECT 터미널에 적용된 기술을 개선하는 것이 핵심과제이다. 초대형 선박(Jumbo Vessel), 기존 선박(Standard Vessel), 철도, 바지, 트럭 등의 수단을 대상으로 신속한 환적이 이루어질 수 있는 새로운 개념의 환적터미널을 개발하며, Jumbo Service Center를 우선적으로 개발하는 것을 목표로 한다.

Jumbo Service Center 개발은 장래의 Jumbo Vessel을 24시간 내에 하역 작업을 마칠 수 있는 터미널로 개발하는 것이다. 대륙마다 2~3개의 기항지를 가질 것으로 예상되는 8,000TEU급 선박이 등장함에 따라 현재 4,000TEU급 선박 기준 평균 시간당 하역량인 120~150moves로는 점보 선박의 수요를 처리할 수 없기 때문에 안벽 크레인뿐 아니라 터미널 전체 하역시스템이 높은 생산성을 달성할 수 있도록 개선하는 것이다.

이를 위하여 High Quay와 Low Quay 등 두 가지 안이 검토되었다. High

Quay의 특징은 안벽 크레인과 장치장 크레인이 버퍼 공간에 해당하는 Crafe로 인하여 완전히 독립적으로 운영된다는 것이다. 따라서 장치장에서의 문제로 인한 지연이 전체 사이클 타임에 전혀 영향을 미치지 않는 특징이 있다. High Quay에 배치되는 Crane Feeding System은 안벽 크레인의 한 시간 작업량에 해당하는 컨테이너를 일시 장치할 수 있는 장치공간을 확보하게 된다. 초기 연구에서 장치 Layout, 장치장 장비, 장치장과 안벽 크레인 사이의 이송방법 등에 대한 검토가 있었으며, 이송 장비의 경우 Rail or Rubber Mounted AGV가 될 것으로 예상된다.

<표 2-7> High Quay 특성

구분	High Quay	Low Quay
특성	<ul style="list-style-type: none"> • 안벽 높이를 점보 선박의 Deck 높이에 해당하는 해면 20m로 설계 • High Quay 상에 1시간 작업량을 장치할 수 있는 공간 확보 • AGV를 이용하여 안벽 크레인에 컨테이너 이송 • Crane Feeding System 설치 	<ul style="list-style-type: none"> • 시간당 300박스를 달성 할 수 있도록 기존 터미널 개선 • 기존 크레인 개선 • 이송 및 장치작업의 개선
장점	<ul style="list-style-type: none"> • 크레인 자체가 가볍고 소형 • 스프레더의 사이클 타임을 단축하며, Positioning과 Handling이 용이 • 안벽 아래 부분의 공간을 작업장, 사무실, 주차공간 등으로 사용 	-

다. HHLA(Hamburger Hafen and Lagerhaus AG)

HHLA(Hamburger Hafen and Lagerhaus AG)는 독일에서 가장 큰 컨테이너 터미널 운영사이며, 함브르크에 Burchardkai(Straddle Carrier 방식), Tollerort(Straddle Carrier 방식), Unikai(RTG 방식) 등 3개의 터미널을 운영하고 있다. 그 동안 자동화를 단계적으로 추진하여 왔으며, 2002년 10월까지 1단계 터미널을 완료하고 2단계 터미널을 구축 중에 있다. 목표는 첫째, 생산성 향상(안벽 생산성 150VAN/Hr), 둘째, 운영비 절감, 셋째, 인건비 최소화, 넷째, 장비 활용률 극대화, 다섯째, 입증된 기술 도입 등이다.

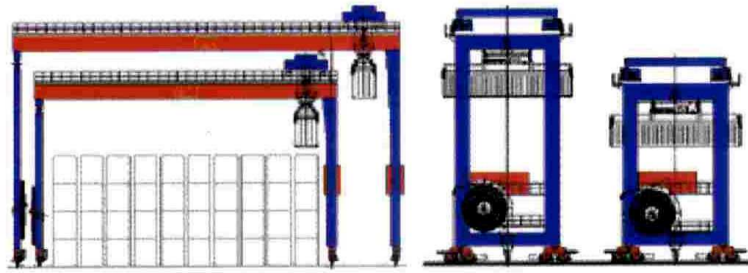
자동화 대안으로서 기존 터미널 운영과 유사하게 스트래들 캐리어를 중심으로 하는 VCT(Van Carrier Terminal), 무인 스트래들 캐리어를 이용하는 ASC(Automatic Straddle Carrier), CRMGC(Cantilever Rail Mounted Gantry Crane), 무인 RMGC와 AGV를 중심으로 하는 DRMGC(Doppel Rail Mounted Gantry Crane), 무인 브리지 크레인과 AGV를 중심으로 하는 OHBC(Overhead Bridge Cranes) 등이 검토되었다. 장단점을 검토한 결과 무인 RMGC와 AGV를 이용하는 DRMGC시스템이 가장 경제적이며, 입증된 기술로 평가되었다.

특히, 장치장을 안벽에 수직 방향으로 배치할 때 문제가 되는 RMGC의 생산성 저하 문제를 해결하기 위하여 블록 당 대형 RMGC와 그 아래로 통과할 수 있는 소형 RMGC를 각각 1기씩 배치한 것이 특징이다. 현재 결정된 설계 사양은 다음과 같다.

<표 2-8> DRMGC 시스템 사양

구분	주요 특성
안벽	<ul style="list-style-type: none"> • 길이 1,400m, 14 G/C(22열), Double Trolley, Double Hoist • Shiplside Trolley 반자동, Landside Trolley 완전자동 • Elevated Platform • 생산성 45 box/hr
AGV System	<ul style="list-style-type: none"> • 55 to 60 AGV • 최대 속도 4~5 m/s • Transponder와 Dead Reckoning 방식 • Positioning 정확도 20 mm • 생산성 10 box/hr
장치장	<ul style="list-style-type: none"> • 능력 30,000TEU(19 blocks, 37 stacks, 10 wide, 4 high) • 안벽에 수직 배치 • 블록당 2RMGC 배치
RMG	<ul style="list-style-type: none"> • 블록당 무인 대형 RMGC와 소형 RMGC 각 1기씩 배치 • G/C 속도 3.5m/sec (210m/min.) • 육상 측 작업은 원격조정으로 수행 • 생산성 20 box/hr

자료 : HHLA 내부 자료 정리



<그림 2-2> HHLA CTA의 RMGC 개략도

3) RFID 기술동향

(1) RFID 개요

RFID(Radio Frequency Identification)는 최근 주목받고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 주요 개념인 고요한 상거래(Silent Commerce)를 가능하게 하는 핵심 기술이다. 스마트 태그, 또는 전자태그로도 불리는 RFID는 현재 광범위하게 활용되고 있는 바코드의 뒤를 이을 차세대 기술이다. 강력한 무선 주파수를 발산하는 반도체칩에 제품의 생산, 유통, 가격 등 각종 정보를 저장하고 이를 무선 리더를 통해 읽어 들이는 방식이 적용된 RFID는 바코드에 비해 많은 양의 정보를 저장할 수 있으며 인식거리 또한 1.5~27m로 매우 길고 금속을 제외한 장애물의 투과도 가능하다.

<표 2-9> 전송 주파수에 따른 RF(Radio Frequency) 분류

주파수 대역	특 성	응 용
저주파수대 (100~500kHz)	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 관독가능거리가 짧음 • 비용이 저렴 • 데이터 관독속도가 느림 	<ul style="list-style-type: none"> • 접근제어 • 동물인식 • 상품제어
중간주파수대 (10~15MHz)	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 관독거리가 다소 짧음 • 비용이 저렴 • 데이터 관독속도가 보통 	<ul style="list-style-type: none"> • 접근인식 • 스마트 카드
고주파수대 (850~950MHz) (2.4~5.8GHz)	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 관독거리가 길다 • 비용이 고가 • 데이터 관독속도 빠름 	<ul style="list-style-type: none"> • 기차 모니터링 • 도구선택시스템

주요 활용분야는 물류 및 유통관리, 보안, 출입통제, 사람 및 동물의 추적, 요금 징수, 위조지폐 방지 등 매우 다양하며 이중 유통 분야에서 RFID 기술의 파급효과가 가장 클 것으로 기대된다. 예를 들어 백화점에서 CRM(Customer Relationship Management)을 통해 고객의 취향 정보를 입력해 두었다가 고객이 백화점의 특정 매장을 지나면 고객이 원하는 물건에 부착한 무선태그 정보가 PDA나 휴대전화를 통하여 고객에게 자동으로 전달되는 것과 같은 것이다.

<표 2-10> 주파수 범위에 따른 응용분야

주파수 범위	응용분야
135MHz 이하	접근제어, 동물인식, 추적 등에 사용되고 허가 없이 사용가능
1.95MHz, 3.25MHz, 4.75MHz, 8.2MHz	소매점에 사용되는 전자물체감시(EAS) 시스템에 사용
13MHz 근처, 13.56MHz	EAS 시스템 및 ISM(Industrial, Scientific, Medical)에 사용
27MHz 근처	ISM 응용에 사용
430~460MHz	특히 제1지역에서 ISM 응용에 사용
902~916MHz	특히 제2지역에서 ISM 응용에 사용 (미국의 경우 우선권에 따라 기타 여러 응용에 사용되고 있으며, Narrow Band source와 Wide Band source로 구분, 제1지역은 GSM 전화망으로 사용)
918~926MHz	호주에서 RFID 트랜스미터 응용에 사용
2,350~2,450MHz	전 세계 대부분이 인정한 ISM 대역 (IEEE 802.11이 RF통신을 수용하는 대역이라 인정하고 Spread Spectrum과 Narrow Band System에 사용)
5,400~6,800MHz	미래에 사용될 대역으로 할당되어 있음

하지만 RFID 태그가격이 타 인식매체에 비하여 고가이므로 빠른 실용화를 위해서는 가격 인하가 동반되어야 하며, 무선자원을 이용한다는 점에서 물류의 경우 세계적으로 동일한 주파수를 이용해야 한다는 문제가 발생한다.

RFID시스템은 태그라 불리는 고유 정보를 저장하는 트랜스폰더, 판독 및 해독 기능을 하는 송수신기(리더 또는 판독기), 호스트 컴퓨터(서버), 네트워크, 응용프로그램(ERP, SCM)으로 구성된다.

<표 2-11> RFID 태그 유형별 특징

구 분		주요 특징
태그 전원 유무	능동형(Active)	<ul style="list-style-type: none"> 태그에 배터리가 부착되어 있으며, 수십 미터(m) 원거리 통신용 가격 고가, 수명 제한, UHF 대역 이상에서 사용
	수동형(Passive)	<ul style="list-style-type: none"> 태그에 배터리가 없으며, 수 미터(m) 이내 근거리 통신용 가격 저렴, 수명 반영구적(약 10년 이상)
태그 읽기·쓰기	읽기 전용	<ul style="list-style-type: none"> 제조 시 프로그래밍 하여 정보내용은 변경 불가능 바코드와 같은 단순인식(예 : EPC Class 0)
	읽기·쓰기	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 변경 가능 고가이나 다양한 분야에서 고도의 활용이 가능
주파수대역	저주파 대역 (100kHz~500kHz)	<ul style="list-style-type: none"> 동물인식, 마라톤기록 측정 등 근거리 용도로 활용 시스템 가격 저렴, 용도 한정
	중간 주파수 대역 (10MHz~15MHz)	<ul style="list-style-type: none"> 교통카드 등(거리 10cm 이내)에서 실용화 1m 전후의 응용분야도 있음
	고주파 대역 (860MHz~930MHz, 2.4GHz~5GHz)	<ul style="list-style-type: none"> 433MHz, 860~960MHz 대역을 이용 마이크로파 대역에 비해 무선인식 성능이 우수 EPC 태그 등 국제적으로 활성화 전망 2.45GHz의 ISM 대역 이용, 태그의 저가화 가능 UHF 대역보다 수분, 금속 환경에서 인식을 저하
구 분		특 징
수동형 태그		<ul style="list-style-type: none"> 리더의 유도전류에 의해서 전원을 공급 간단한 구조, 소형경량, 저렴한 비용, 장시간의 동작수명, 단거리 전송(인식) 대표적인 읽기전용형 데이터 전송시간이 비제한적 물류관리, 전자상거래, 교통 분야, 전자물체감시(EAS) 시스템
능동형 태그		<ul style="list-style-type: none"> 태그 내부에 포함된 전원 또는 전지사용 배터리로 인한 비용 상승, 제한적인 동작수명, 장거리 전송(인식) 읽기·쓰기형 데이터 전송시간이 제한적 토목 건축분야, 의료분야, 레저활동, 시설
칩(chip) 태그		<ul style="list-style-type: none"> Electronic antenna UHF(2.45GHz) • Chip and Printed dipole antenna Inductive antenna(125~134kHz, 13.56MHz) • Chip and etched antenna wire or coil antenna Capacitative antenna(~130kHz) • Chip and thick film printed antenna
무칩(chip-less) 태그		<ul style="list-style-type: none"> Microwave reflector • Thin films, wire or fibers Remote magnetic • Printed or bonded indicators, capacitors, diodes Simple transistorless circuit Transistor circuit • Plastic or Silicon thin films not yet available Fibers

태그는 IC칩과 안테나로 구성되어 있으며 크기와 모양이 다양하다. 동물을 추적하기 위하여 피부 아래에 이식되는 태그는 직경이 연필심만큼 작으며 길이는 1cm 정도이다. IC칩의 주요 기능은 데이터의 저장인데 칩의 가격은 메모리 크기, 메모리 형태, 메모리 종류에 따라 다르다.

또한 RFID시스템은 무선접속 방식에 따라 상호유도 방식과 전자기파 방식으로 나눌 수 있는데, 상호유도 방식은 근거리(1m 이내), 전자기파 방식은 중장거리용(3.1m) RFID로 사용된다. 상호유도 방식은 코일 안테나를 이용하며, 전자기파 방식은 고주파 안테나를 이용하여 서로 무선 접속한다.

(2) RFID 표준화 현황

또한 앞서 살펴본 바와 같이 물류에서의 RFID 활용은 세계적으로 동일한 주파수를 이용해야 하는 문제가 발생하는 것으로 나타났다. 이를 위하여 ISO에서는 다양한 기술에 대한 표준화를 추진하고 있으며, 새로운 기술과의 접목을 시도하고 있다. 이러한 시도들은 RFID를 네트워크에 연동시키기 위하여 RFID를 이용한 B2B, B2C 등 전자지불·결제를 실현하는 것과 EPC와 같은 일련번호의 표준화를 IPv6와 같은 인터넷 표준과의 연동을 위한 인터페이스 연구로 나타나고 있다.

현재 전 세계적으로 진행되고 있는 RFID ISO 규격 표준화 과정은 마무리 단계이다. 우리나라는 RFID 인식거리를 더 늘이거나 크기를 더 작게 하거나, 혹은 가격을 낮출 수 있는 등의 기술 개발로 제품의 차별화를 실현하면 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.



<그림 2-3> RFID 태그 주파수에 따른 국제 표준화 현황

가. 컨테이너용 RFID 태그 주요 현황(433MHz 대역)

긴 인식거리, 실시간 추적 및 컨테이너 내부 습도, 충격 등의 환경에서도 센싱이 가능하여 미국연방통신위원회(FCC)는 미국으로 반입되는 컨테이너에 부착하는 RFID 태그의 기술규격으로 433MHz 대역 능동형 RFID 태그를 채택(미국으로 반입되는 컨테이너에 전격 적용)하였다. 이 RFID 능동형 태그에는 배터리가 부착되어 있으며, 물류부문과 같은 수십 미터 원거리 통신이 필요한 산업에 적합하다. 미국과 유럽에서는 RFID의 컨테이너 부문 표준을 433MHz 능동형 RFID 태그로 제정하여 향후 컨테이너 인식표준으로 확정될 예정이다.

<표 2-12> ISO/IEC 18000-7 리더 및 태그 통신 파라미터

파라미터	리더 → 태그	태그 → 리더
동작주파수	433.92MHz	
동작주파수 정확도	+/- 20ppm	
점유채널폭	500MHz	200MHz
전송 최대 EIRP	5.6dBm(최대전력) 또는 각국규정	
스플리어스 방사	In band : N/A Out of band : 각국 규정	
스펙트럼 마스크	N/A	
변조	FSK	
Bit Rate	27.7kbps	
Bit Rate Accuracy	200ppm	

* ISO/IEC 18000-7:
Information technology Radio frequency identification for item management Part 7:
Parameters for active air interface communications at 433MHz 능동형 태그를 이용한
협대역 방식 채용

나. e-Seal용 RFID 태그 주요 현황(433MHz 대역)

Container e-Seal용 RFID 태그의 기술 표준으로는 ISO 18185(Electronic seals for freight containers)와 ISO/IEC 18000-7의 433MHz 대역의 표준을 준용하는 방향으로 논의 중이다. 컨테이너에 적재된 화물의 보호와 컨테이너가 비정상적인 형태로 개폐되면 보안경보를 송신하여 관련 이력을 기록한다는 이점으

로 인하여 433MHz e-Seal용 RFID 태그를 컨테이너용 e-Seal에 적용하려 하고 있다.



<그림 2-4> e-Seal의 운영

다. 차량용 RFID 태그 주요현황(900MHz 대역)

900MHz 대역의 RFID 태그는 시속 50km로 움직이는 차량을 원거리에서 인식할 수 있다. 특히 RFID 능동형 태그에는 배터리가 부착되어 있어 물류부분과 같은 수십 미터 원거리 통신이 필요한 산업에 적합하다는 판단으로 물류부분에 이대역의 주파수 대역의 적용이 추진되고 있다. 우리나라는 2004년 8월 정보통신부 주파수 심의위원회에서 과거 발신전용 전화인 시티폰용으로 사용됐던 908.5~914MHz를 물류, 유통 등의 분야에 사용토록 주파수 분배를 확정하여 900MHz대의 RFID는 여러 부분에서 도입을 추진 중이며 정부 차원의 시범사업에도 적용되고 있다.

태그	860 MHz ~ 960 MHz					
	910 MHz					
리더	유럽	미국	일본			
	865 ~ 868	902 ~ 928 한국 908.5~914	950 ~ 956			
구분	국제표준	미국	유럽	일본		
태그주파수	860 ~ 960 Mhz					
리더 주파수 1) (대역폭)	860~960 Mhz 내에 서 각국 제정	902~928 Mhz (ISM 대역 26 Mhz)	865~858 Mhz	950~956Mhz (6Mhz)		
변조방식	ASK (BPSK 추가예정)	ASK	ASK	국제표준검토		
기술기준	전송속도	40kbps ※ 160kbps 추가	40 ~ 80 kbps			ASK
	출력	각국제정	4Welp			3.2, 0.8, 0.16 Welp
	대역폭		250, 500khz			200khz
	주파수 선택 2)		PHSS	AFA+LBT 검 토		
추진일정	IS 검토 : '04.6월 기술기준확정 :10월	사용중	'04.11월	'05.3월		

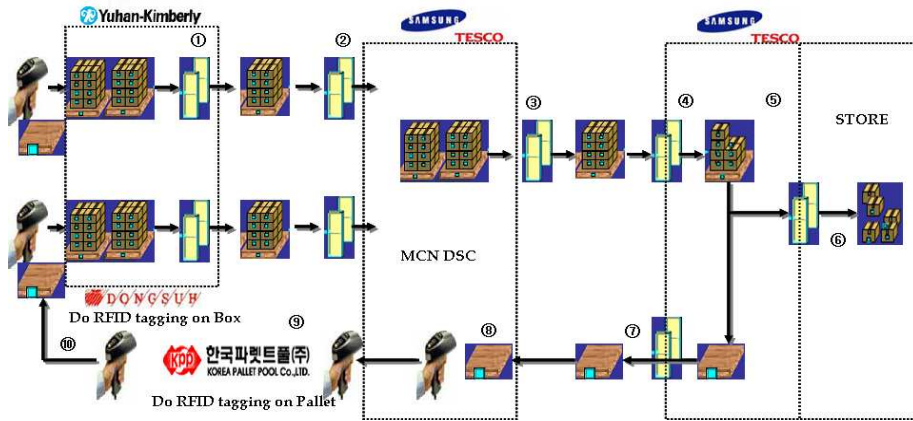
<그림 2-5> RFID/USN용 주파수분배 각국 동향

(3) RFID 적용사례

가. 국내사례

가) 삼성 TESCO 사례

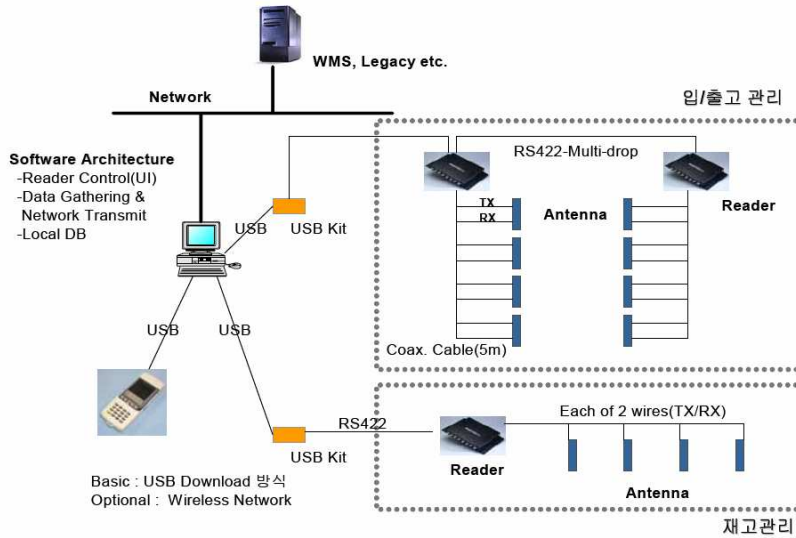
삼성 TESCO의 경우, RFID를 적용한 상품 입·출고 자동화와 EPC Network을 통한 상품가시성(Visibility) 확보 및 이동경로의 추적을 목적으로 추진되었다.



<그림 2-6> 삼성 TESCO의 RFID 시스템 구성

나) CJ GLS 사례

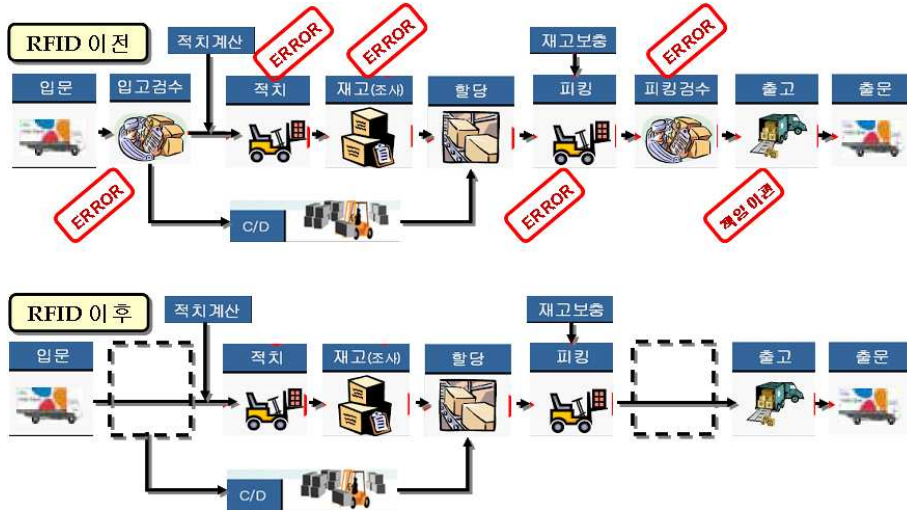
CJ GLS의 경우, RFID 시범사업 성공을 통한 물류경쟁력 극대화 및 동북아 물류기지 인프라 구축이라는 목표 아래 물류부문의 다양한 니즈반영 및 생산·유통·물류 간 실시간 정보공유를 목적으로 추진되었다.



<그림 2-7> CJ GLS의 RFID 시스템 구성

이는 입출고 관리와 재고관리를 기본으로 하는 시스템으로 RFID 적용 이전에 다섯 부분의 Error 발생 요소와 한 부분의 책임회피 요인이 존재하였으나 RFID 적용을 통하여 이러한 여섯 부분의 문제요인을 해소하는 프로세스로 변화되었다.

CJ GLS의 현장 환경은 물류센터 2층 물품보관 입출고 지역에는 리더 2대와 Antenna 8대, PC 1대로 구성하였으며, 물품보관지역 및 재고관리지역은 리더 1대와 Antenna 4대로 구성하여 운영하고 있다.

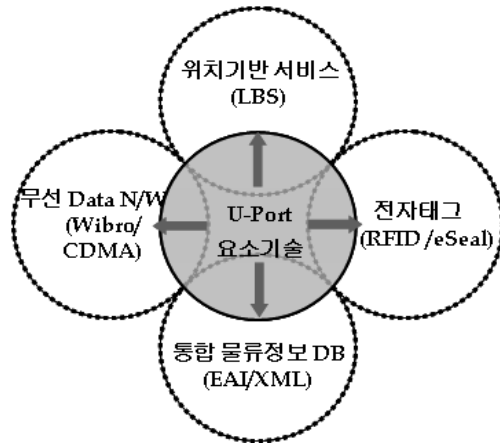


<그림 2-8> CJ GLS의 RFID 적용 후 프로세스 변화

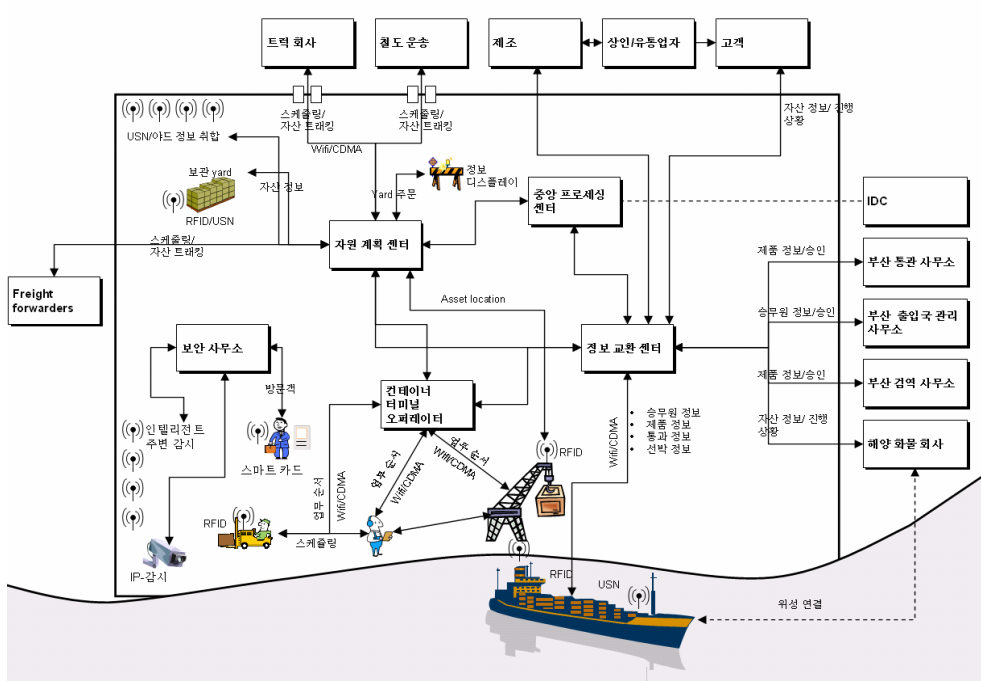
다) 부산 u-Port

부산시는 첨단정보통신 인프라와 유비쿼터스 정보서비스를 도시 공간에 융합하여 도시생활의 편의증대와 삶의 질 향상, 체계적 도시 관리에 의한 안전 보장과 시민복지 향상, 신산업 창출 등 도시의 제반 기능을 혁신시키고 지역 경쟁력 향상에 가장 중점적인 역할이 기대되는 u-City의 하부 시스템으로써 u-Port 구축을 위해 RFID 등을 이용하여 화물·선박·장비 등의 정보를 공유하는 첨단 항만의 구축을 추진 중이다. 부산 u-Port의 목적은 지역의 물류정보를 추적·관리하고 활용하는 데 있다.

U-Port 기반 기술



U-Port Blue Print



<그림 2-9> 부산 u-Port 개념도

2.2 RFID를 적용한 컨테이너터미널 시범사업 현황

1) RFID 기반 항만물류 효율화 사업

우리나라의 물류 경쟁국들은 RFID 및 무선네트워크 기술을 이용하여 범세계 물류 경쟁력을 강화하고 있다. 이러한 시점에서 정부에서는 2005년 동북아 물류 허브화 달성과 항만 수송 경쟁력 강화를 위하여 해양수산부의 주도로 RFID 시범사업을 시행하였다.

본 사업의 목적은 컨테이너 자동인식에 의한 컨테이너 위치추적 기능제공, 항만터미널 운영효율화를 통한 항만경쟁력 강화, 항만물류 정보기술 환경개선 등을 통하여 해운·항만 수출입 컨테이너 정보의 인프라 구축과 함께 동북아 물류 허브 중심으로서의 위상강화라 할 수 있다. 또한 항만물류 자동화의 기반마련, RFID 기술모델 확보 및 국가적 신규 수요창출 그리고 컨테이너 위치에 대한 가시성 제고효과를 기대할 수 있다.

특히, 항만물류에 있어서 실시간 컨테이너 차량의 확인, Gate 반출·입 프로세스의 자동화, 정보의 확인시간 및 오류 처리작업 감소로 업무생산성의 증가, 실시간 컨테이너 확인으로 추후 완전자동화 기반을 마련할 수 있을 것이다.

또한, 이와 같은 시범사업은 검증된 기술을 통한 사업성공으로 항만물류 RFID 기술 모델의 확보, 사업성공을 통한 후속사업 확대로 국내 산업의 RFID에 대한 수요 제공, 국가물류 RFID 인프라와 연계되는 민간 물류 수요 창출 및 기술의 고도화 기반 마련이 가능할 것이다.

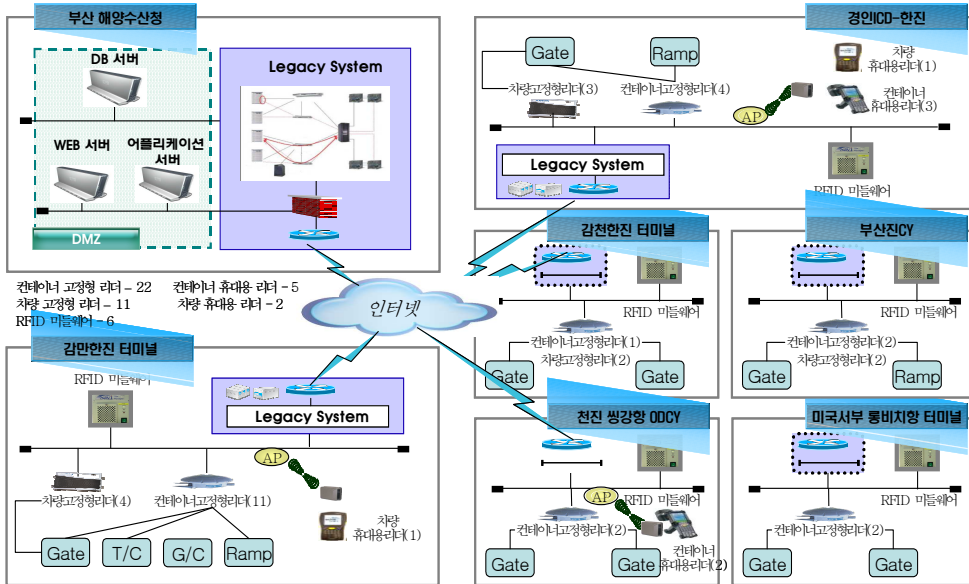
마지막으로 ICD부터 해외 항만 하역까지 컨테이너 위치의 실시간 추적과 물류거점에서의 컨테이너 소재파악을 위한 시간감소로 컨테이너 위치에 대한 가시성을 제고할 수 있다.

2) 시범사업 결과

본 사업을 통하여 구성된 전체 시스템 구성은 <그림 2-10>과 같으며, 시범사업의 결과로는 정성적 성과, 정량적 성과, 기술적 성과 그리고 업무적 성과로 제시하고 있다.

(1) 정성적 성과

먼저 정성적인 성과로는 국가경쟁력 강화, 물류서비스 고도화, 항만운영 효율화 및 RFID 활성화를 기대할 수 있는 점이다.



<그림 2-10> 시범사업의 전체 시스템 구성도

국가 경쟁력강화 측면에서는 항만 생산성 향상을 통한 항만 경쟁력강화와 화물 보안성강화로 인한 항만물류 안전성 확보 및 통관지연 방지 등으로 동북아 물류 중심 실현을 위한 기반 마련의 효과를 기대할 수 있다. 그리고 RFID를 통한 실시간 위치 추적으로, 항만의 Gate를 비롯한 장치장의 생산성과 정확도가 제고되고, e-Seal 추적 방안 수립을 통해 화물 보안성을 한 단계 높일 수 있는 계기가 될 것이다.

또한, 물류 거점별 반출·입 실시간 추적으로 화물 추적 수준 편차 해소, 안전한 화물수송 보장 및 국제적 화물보안 규제에 대한 능동적 대응, 차량의 실제 이동경로 추적을 통한 거점 및 거점 이동경로 계획의 효과극대화 등을 통해 물류 서비스의 고도화를 선도할 것으로 기대된다.

본 사업의 직접적 효과 중 하나인 항만운영 효율화 측면에서는 Gate 무정차,

자동 확인을 통한 화물 출입 관리수준 제고 및 Gate 생산성 극대화, 장치 및 선적 작업 자동 확인을 통한 터미널 내부 운영 효율성 제고, 컨테이너 위치 신뢰도 확보를 통한 선적, 장치 재 계획 감소 및 오류로 인한 재처리 시간 감소, 터미널 내부의 컨테이너 재작업 모니터링을 통한 개선 방안 도출, 장치 및 선적 작업 오류의 사전 예방을 통한 항만 생산성 편차 감소 등 다양한 파급효과를 기대할 수 있다. 또한 향후 RTLS(Real Time Location System) 또는 GPS를 활용한 컨테이너의 3차원 위치 추적이 실현되면 선적을 위한 상하차의 재작업을 감소시킬 수 있으며, 시스템과 실제 위치의 차이로 발생하는 선적 지연을 미연에 방지하여 선적 리드타임을 상당히 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

마지막으로, RFID 활성화 측면의 기대효과를 들 수 있다. 수출입 물류를 위한 RFID 표준화 조기달성 및 확산, 433MHz 대역 국산 기술수준 제고 및 시장 활성화, 항만물류를 위한 코드 및 프로토콜 표준화 선도, RFID 기반 항만물류 프로세스 표준 확립 및 정착 등의 효과가 있을 것으로 판단된다. 시범사업의 결과로 도출된 다양한 표준 지침들은 향후 확산사업 성공을 위한 핵심이 될 것이며, 시범 사업의 문제점을 해결하고, 국산 기술에 의한 시장 활성화를 동시에 이끌어 낸다면 RFID 기술, 프로세스, 시장의 활성화를 조기에 효과적으로 달성 가능할 것으로 기대된다.

(2) 정량적 성과

정량적 성과로는 먼저, 영상인식 시스템 대체 효과로 총 55억원, Gate 인력 인건비로 연간 14억원의 비용이 절감되는 것으로 나타났다. 또한 컨테이너터미널의 장비 위치추적 장치인 DGPS(Differential Global Positioning System)를 RTLS로 대체함으로써 총 25억원, 컨테이너크레인 작업 시 컨테이너 확인의 시스템화로 인한 인력 절감으로 연간 6.3억원의 효과가 발생될 것으로 예상된다. 이에 따라 확산사업 후, 컨테이너당 비용 절감 효과를 고려하여 6,000억원, 확산사업이 종료되는 2008년까지 약 2조 7천억원의 비용 절감 효과를 기대할 수 있다(연간물동량 9% 증가 가정).

(3) 기술적인 성과

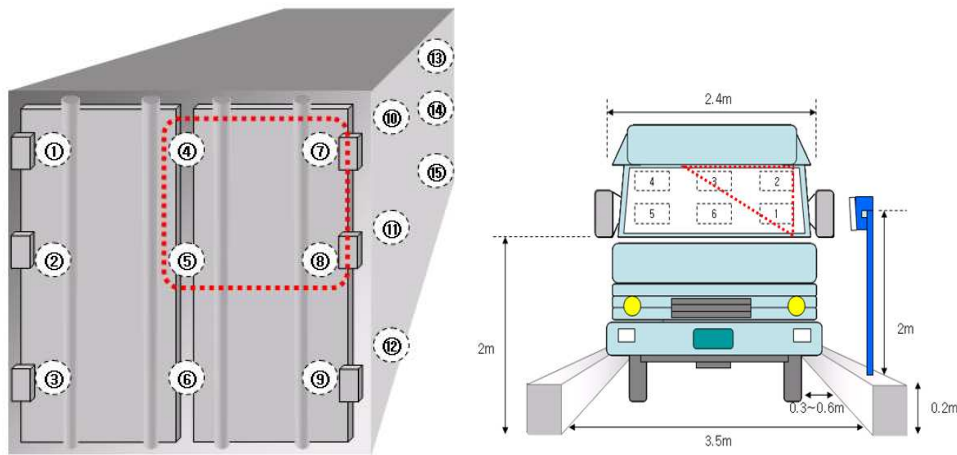
응용 서비스 모델 정의, 현장 실사 및 인터뷰 등을 통해 기술적, 환경적, 서비스적 요구사항들을 도출하였다(<표 2-13> 참조). 기술적 요구사항 중에서 중요한 부분은 태그 부착 위치에 따른 인식률과 복수 리더 동작 상황에서의 중복 인식 문제 등이 요구사항으로 나타났다. 이를 위해 다양한 실증 실험들이 수행되었으며, 시범 운영 중에도 2회 이상의 개별 리더 튜닝 등으로 요구사항을 만족시키기 위한 노력을 기울였다.

<표 2-13> RFID 적용시 요구사항

항목	도출된 요구사항
기술적 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> • 태그부착 위치에 따른 인식률 • 태그부착 각도에 따른 인식률 • 복수 리더 동작시 리더사이의 간섭에 의한 영향 • 리더 설치 위치별 최대 이동속도에 의한 영향 • 복수 태그 인식 및 최대·최소 인식거리
환경적 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> • 입고 Gate에서 출고 Gate의 태그를 인식 할 수 있음 • G/C별 인식이 필요함 • 작업 중인 컨테이너와 적재된 컨테이너의 구분이 어려움 • 철도 선로 주변에 컨테이너가 많이 적재되어 있어 이동 중인 컨테이너와 구분 인식이 필요
서비스 요구사항	<ul style="list-style-type: none"> • RFID기반 시스템 운영 관리 <ul style="list-style-type: none"> -태그 관리: 태그 정보와 정보시스템 연계 -컨테이너 상태 코드 관리: 컨테이너 작업 상태에 대한 기본코드 관리 • RFID 기반의 위치추적 <ul style="list-style-type: none"> -컨테이너·차량·e-Seal의 위치 추적 -적재 화물 정보와 연계 -컨테이너 리드타임, 야드 장비 운영 성과 등 분석 정보 • RFID 기반의 항만물류 효율화 <ul style="list-style-type: none"> -차량과 컨테이너 매핑 관리 -오류 사항에 대한 정보 처리 등

컨테이너 태그의 부착위치는 각 거점에 설치된 리더의 컨테이너 태그 인식률을 우선적으로 고려하여 결정하였다. 컨테이너 태그 부착위치 테스트 결과와 ISO 표준 권고(ISO 10374 태그위치)를 고려하여 컨테이너 후방의 우측 도어 상단에 태그를 부착하였다(<그림 2-11> 참조). 컨테이너 태그는 컨테이너 후면 도어와 측면의 중간 위쪽에 부착하였을 때, 높은 인식률을 보였으며 태그의 부착 방향에 대해서는 인식률의 변화를 보이지 않았다.

따라서 ISO 17363을 고려하여 태그는 컨테이너 우측 도어의 상단 60~80cm 위치에 부착하였다. 차량용 태그는 실증 실험 결과에 따라 차량 앞면 유리 우측 밑 부분에 부착하였으며, 이는 인식률과 차량 기사의 시야 확보를 모두 만족시키는 위치이다. 태그는 크레들 방식과 테이핑 방식을 쓸 수 있으나, 컨테이너 태그와 차량 태그는 태깅 효율성을 고려하여 테이핑 방식을 사용하였으며, e-Seal 태그는 컨테이너 뒷문 바(Bar)에 크레들로 고정하는 방식을 채택하였다.



(a)컨테이너 태그

(b) 차량 태그

<그림 2-11> 컨테이너 및 차량의 태그 부착 위치

선정된 위치에 태그를 부착하고, 실제 리더 설치 위치에서 인식 테스트를 실시한 결과는 <표 2-14> 및 <표 2-15>와 같이 나타났으며, 개별 설치 위치에 따른 테스트를 통해 요구사항을 만족하도록 튜닝을 실시하였다.

<표 2-14> 컨테이너용 리더 테스트 예

구분	설명	
장비 설치 위치	컨테이너 터미널 Gate	
설치 장비 내역	리더 2대, 지향성 안테나 2대, 컨버터 2대	
테스트 일시	2005년 7월 17일	
테스트 결과		
인식 성능	단일 태그 인식 여부 (5회)	100%인식
	일괄(태그 5개) 인식 여부 (5회)	90%인식
	최소 인식 거리	3.0m
	최대 인식 거리	50m
	최대 인식각도	좌우100도
	설치 위치별 최대 이동 속도에서의 인식 여부 (5회)	100%인식
리더간 간섭	복수의 리더 동작 시 리더간 간섭에 의한 인식을	지향성 안테나 설치로 리더간 간섭 없음

<표 2-15> 차량용 리더 테스트 예

구분	설명	
장비 설치 위치	컨테이너 터미널 Gate	
설치 장비 내역	리더 2대, 컨버터 2대	
테스트 일시	2005년 7월 16일	
테스트 결과		
인식 성능	태그 인식 여부 (10회)	100%인식
	최소 인식 거리	0.1
	최대 인식 거리	11m
	최대 인식각도	52°
	설치위치별 최대이동 속도에서의 인식여부(5회)	100%인식 (Gate 차량진입속도 : 15Km이하)
리더간 간섭	복수의 리더 동작시 리더간 간섭에 의한 인식을	<ul style="list-style-type: none"> • 인식률 : 80% • 설치된 리더간 이격거리 5.3m임 • 전면 방사각 52° 이내에 최대 인식거리에서 • 운전자의 운행 패턴에 따라 옆 레인 차량인식 발생 • 적정 방사각과 인식거리 튜닝

테스트시 나타난 주요 문제점은 게이트구분의 안정성 문제와 크레인에서의 컨테이너인식이 주요문제로 지적되었으며, 지속적인 튜닝이 과제로 도출되었다.

(4) 업무적인 성과

업무적 성과를 판단하기 위하여 기존 모델과 RFID 기반 응용 서비스 모델간의 비교를 하면 9개의 성과(비접촉식, 인식거리(0~100m), Read/Write 가능, 통신, Sensing 가능, 환경·오염에 강함, 대용량 메모리 사용, 우수한 투과성, 다중·고속 이동 인식, 반영구적 사용)로 나타나며, BSC 관점에서의 성과는 <표 2-16>과 같이 나타났다.

<표 2-16> BSC 관점에서의 성과 분석 결과

BSC 관점	성과분석 결과
재무	<ul style="list-style-type: none"> 컨테이너 관리의 시간 단축 및 정확성 제공 확인 작업 시간 및 오류 처리 작업 감소로 업무 생산성의 증가
고객	<ul style="list-style-type: none"> 컨테이너 실시간 위치 제공 시범 운영 차량위치 추적 시범 운영
내부프로세스	<ul style="list-style-type: none"> 업무처리절차 효율성 향상 도모 유관기관과의 원활한 정보교류 지원
학습과 성장	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 확산을 위한 글로벌 항만물류의 초석 마련 글로벌 항만물류에 적합한 표준화된 시스템 구축 RFID 기반 해운물류 효율화 모델 및 기술 검증 e-Seal을 통한 보안 추적 시험

2.3 RFID 적용을 위한 선행연구 고찰

1) RFID 적용을 위한 이론적 연구

(1) Roberts의 연구

Roberts(2006)는 RFID의 기본적인 내용을 전반적으로 소개하고 있다. 이 연구에서는 RFID가 발전되어온 역사, RFID 및 태그에 대하여 설명한 후 기존 바코드에 비해 상세하고 많은 정보를 쉽게 인식한다는 장점에 따라 여러 산업에 널리 쓰일 수 있고 RFID의 이용이 계속 증가할 것이라고 설명하였다.

이러한 RFID에 대한 개괄적인 내용과 함께 향후 해결되어야 할 부분을 크게 세 가지 즉, 프라이버시 및 보안, 법규, 비용 문제로 제시하고 있다. 프라이버시 및 보안에서는 고객과 기업 정보의 유출, 불안정한 운영 환경, 태그 복제로 인한 도난 등의 관리 문제 등을 설명하였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 기존의 "kill command" 방식 등과 같은 방안들이 제시되었으나 보안을 향상시키기 위해 저자가 제시하는 것은 안테나 힘을 이용하는 기술이다. 이러한 보안법규에서는 승인된 절차와 기존의 법규에 따라 RFID를 실행하며 개인 프라이버시를 침해하는 것과 같은 활동 등을 제한하여 사용해야 한다고 주장하고 있다. 향후 RFID의 사용이 급증할 것이므로 RFID 관련비용 부분에서는 비용절감이 불가피하다고 설명하고 있으며, 태그 가격은 상당히 낮춰져야 하고 수익성이 보장되어야 고객이 이 기술을 받아들인다고 제시하였다.

(2) Flint의 연구

Flint(2006)는 그의 연구에서 RFID 태그를 중심으로 한 개략적인 소개와 함께 문제점들을 서술하였다. 특히, RFID의 장점과 함께 야기되는 프라이버시와 관련된 법·제도적 측면에서 문제점들을 제시하였다.

즉, RFID 태그는 크기가 작고 가격이 저렴한 반면 엄청난 정보를 가지고 있고 이는 재고관리 등에 큰 도움을 주는 반면, 개인이 무엇을 하는지 무엇을 구매하는지 어디로 가는지 등의 모든 활동을 모니터링할 수 있기 때문에 프라이버시 문제와 직결된다고 주장한다.

RFID 태그는 10km 범위까지 정보 전송이 가능하고 능동형 태그의 경우, 2년까지 지속가능하며 수동형 태그의 경우 영구히 정보 전송이 가능하다. 리더는 RFID 태그의 많은 정보를 단시간 내에 인식하여 정확한 데이터베이스를 구축할 수 있어 범죄나 테러리즘의 도구로도 사용될 수 있다. 특히, 능동형 태그와 관련하여 데이터 보호와 프라이버시 문제들이 더 많이 제기될 수 있다. 문제는 아직까지 법적 문제가 명확하지 않다는 것이고 RFID 기술이 진보하고 적용 범위가 넓혀지고 있는 가운데 법적으로 문제를 해결하는 것이 중요하다고 제시하였다.

(3) Ayoade의 연구

Ayoade(2006)는 RFID 시스템의 중요성과 함께 문제점으로 나타나는 보안문제를 해결하기 위한 새로운 방안을 제시하였다. 특히, RFID 태그에 있는 정보는 불법적으로 승인되지 않은 리더에 의하여 프라이버시 문제를 야기할 수 있기 때문에, 프라이버시와 기밀정보의 보호를 위해 APF(Authentication Processing Framework)를 소개하였다.

이 연구는 APF를 태그와 리더의 승인을 거쳐 태그의 정보를 보호하는 절차라고 소개하고 있으며 이러한 절차는 다음과 같다.

- ① 태그는 APF Database에 암호화키를 등록
- ② 리더는 APF Database에 고유의 ID를 등록
- ③ 리더는 태그에 접근을 명령
- ④ 태그는 리더에 암호화된 데이터를 전송
- ⑤ 리더는 APF Database로부터 암호화키를 요청
- ⑥ 리더는 암호화된 데이터를 열고 태그 해독 가능

기존의 RFID 보안문제 대처 방안인 Kill Command 방식은 태그가 부착된 제품을 구매 직후 태그 기능이 사라져 버리므로 비효율적이며 Faraday Cage 방식은 금속이나 호일로 만들어진 Faraday Cage에 보호되는 것으로 도난의 위험이 크다. Active Jamming 방식은 방해 전파를 이용하는 것으로 불법이 될 수도 있으며 Blocker 태그 방식 또한 불법이 될 수도 있다. 이와 같이, 기존 방안들의 문제점을 보완한 APF는 APF에 의해 승인된 리더만이 태그에 접근이 가능하다는 장점이 있다.

(4) Wu et al.(2006)의 연구

Wu et al.(2006)은 현재 RFID가 직면한 문제점을 파악하고, 이를 위한 해결 방안 그리고 RFID 산업의 성장을 위한 향후 개발 방향을 제시하였다.

먼저, RFID가 직면한 주요 문제는 크게 일곱 가지가 있다. 첫째, 금속이나 액체로 인한 신호의 감소 및 방해, 안테나의 방향에 따른 영향, 지속적인 정보 전

송으로 야기되는 충돌 등의 기술적인 문제를 제기하였다. 둘째, RFID 표준에 관련된 문제로 통합된 RFID 표준이 부족하다. 특히, 국가간의 정책이 다소 상이하여 많은 기업들은 RFID 시스템 도입을 망설이기도 한다. 셋째, 특히 문제로 인하여 비싼 사용료를 내야 하는 가능성이 있기 때문에 활성화의 방해물로 작용하기도 한다. 넷째, RFID의 효율성은 이미 입증되었지만 시스템 구축을 위한 비용이 크다는 문제점이 제기될 수도 있다. 다섯째, 국경을 초월하는 공급체인 상에서 전체 RFID 구조가 구축되어야 하는 한계점이 있다. 여섯째, RFID의 투자에 대한 이익은 단기적으로 나타나는 것이 아니며 가시적이지 않은 부분이 많아 기대되는 이익을 계산하기가 어렵다. 마지막으로 RFID는 현재 개발 중이며 향후 바코드에서 RFID로 대체되면서 비용 등의 문제가 발생될 여지가 있다.

이러한 문제들의 개선방향을 다음과 같이 제시하였다. 첫째, 태그를 정확히 읽을 수 있는 멀티 리더 설치와 이중 전송을 방지하기 위해 잠시 작동을 하지 않는 기법을 이용하는 등 기술적인 문제는 지속적인 개발을 통해 해결할 수 있다. 둘째, 표준 및 규정에 대한 문제들은 다른 RFID 규정들도 다룰 수 있는 Multiple-protocol 리더를 사용함으로써 해결책을 찾을 수 있다. 마지막으로 비용과 관련된 문제들은 수요를 늘리고 태그 및 안테나 등의 기기 및 설비비용을 최소화하는 방향으로 해결할 수 있다.

또한, RFID 산업의 성장을 위한 전략적 방안을 제시하였는데, 먼저 RFID의 효율성과 경제성이 타당한 것으로 분석되면, SCM(Supply Chain Management) 시장에서의 공급체인과 물류관리 비용을 줄이기 위해 점진적으로 적용해야 한다고 주장하고 있다. 다음으로 RFID 태그에 대하여 완전한 정확성을 기대하는 것은 불가능하지만 팔레트나 컨테이너와 같은 ULS(Unit Load System)에서의 적용은 가능하다고 전망하고 있다.

(5) Robshaw(2006)의 연구

Robshaw(2006)는 RFID 태그에 대한 전반적인 설명과 암호화 개발에 대한 연구를 실시하였다. 이 연구에서는 암호화를 위하여 'Ad hoc Solutions', 'Established Solutions', 'Dedicated Solutions'와 같은 세가지 기법들을 설명하였다.

Ad hoc Solutions는 보안 목적을 달성하기 위한 새로운 제안이다. 현재 관심

이 집중된 두가지 중요한 문제는 태그와 리더의 승인과 프라이버시이다. 이를 위한 많은 연구가 있었지만 몇 가지 제안들은 제한적인 가정을 가지고 있는 등 적용이 어려운 연구들이 종종 있었다.

Established Solutions는 보편적이고 전통적인 제안들이다. 따라서 주로 광범위하게 잘 알려진 기술이 이용되고 여기서는 단지 어떻게 효율적으로 수행할 수 있는지를 연구하였다. 그러나 이는 보편적인 방안들로 특정 상황에 쉽게 적용시키기 어려운 단점이 있다.

마지막으로 Dedicated Solutions는 Established Solutions를 기초로 한 해결 방법이다. 특히, 이 논문에서는 대칭형 암호 기법과 비대칭형 암호화 기법 알고리즘의 디자인과 수행이 발전될 것이라고 전망하고 있다.

각각의 애플리케이션은 고유의 보안 요구사항을 가진다. 따라서 RFID 태그와 관련하여 한 가지의 공통된 보안 방식을 적용할 수는 없기 때문에 각 RFID 태그 기반의 애플리케이션에 맞는 맞춤형 보안 방식이 적용되어야 할 것이라고 하였다.

2) RFID 측정 및 평가에 대한 연구

(1) Coyle(2005)의 연구

Coyle(2005)의 연구는 도서관에 적용되는 RFID 시스템의 기능과 문제점을 중심으로 접근하였다.

먼저, 도서관에 적용되는 RFID의 긍정적인 기능을 세 가지로 소개하였다. 첫째, 도서관에 있는 다양한 책들은 대출과 반납이 여러 번 반복된다. 이는 같은 RFID 태그가 여러 번 반복 사용됨을 의미하므로 유용하게 쓰일 수 있음을 보여준다. 둘째, 태그를 호일, 껌 등으로 싸게 되면 태그 인식을 막기 때문에 도난의 위험이 전혀 없는 것은 아니지만 상대적으로 다른 방법들에 비해 보안기술이 좋은 편이다. 셋째, 도서관은 수많은 책으로 재고관리가 어려우나 RFID 기술을 적용함으로써 한 번에 멀티태그를 읽는 것이 가능하고 책이 책장에서 언제 꺼내어져 어떤 경로를 통해 이동했는지까지 알 수 있어 재고관리에 큰 도움을 준다.

이 논문은 또한 RFID에 대한 ROI(Return On Investment)와 같은 경제성을 고려하였다. RFID 시스템 도입에 대한 비용에 대해 실질적으로 경제적 이익을

얻을 수 있는 방법은 대출기계를 구비하여 대출자에게 도서 대출 작업을 맡겨 인력을 줄이는 방법이다. 그러나 이는 이용자 스스로가 대출 작업을 수행해야 되기 때문에 서비스 수준은 저하될 수 있다. 따라서 이러한 방식이 사용자의 니즈 제공뿐만이 아니라 추가적인 서비스도 제공해야 한다.

그 외에도 몇 가지 문제점을 제기하고 있다. 비용문제와 관련하여 태그를 잡지나 팜플렛 등에도 부착을 해야 하는지의 문제점과 너무 얇은 간행물이나 어린이책의 경우, 태그가 너무 가까워 신호가 취소될 우려도 있다. 또한, CD와 같은 광학 디스크 등에 부착되면 물리적 오류를 발생할 확률이 높다. 마지막으로 도서관에서 사용되는 태그는 기존의 태그와는 달리 오랫동안 대출과 반납이 잦으므로 견고하고 오랜 기간 사용 가능한 기술이 필요하다.

RFID 시스템의 발전과 보편화로 인하여 불가피하게 도서관에 도입을 해야 한다면 최적의 수용 정책을 세울 필요가 있다고 하였다.

(2) Chow et al.(2006)의 연구

Chow et al.(2006)은 효과적인 물류시스템을 위한 자원계획과 실행 방안을 제시하였다. 특히, 지능형시스템을 활용하여 창고에서의 RFID 기술응용에 초점을 둔 사례분석을 실시하였다. 이 논문의 목적은 창고의 효율성을 향상시키고 창고 운영 장비를 생산적으로 배치하여 운영비를 최소화하는 것이다.

이 연구에서는 효율적인 물류시스템을 위하여 RFID 기술을 기반으로 하는 RMS(Resource Management System)를 구축하는 것을 제시하였다. RMS는 크게 RFID의 신호를 수신하는 Front-end 모듈과 자원의 추적과 관리를 위한 Back-end 모듈 그리고 내·외부 자원의 자료를 저장하는 데이터베이스의 구축을 필요로 하는 시스템이다. Front-end 모듈은 고정 물류정보 수집모듈과 가변 물류정보 수집모듈로 구성되어 창고 내 제품의 정보를 파악할 뿐만 아니라 위치 추적까지 가능하다. Back-end 모듈은 자원 관리 프로세스를 지원한다. 이 모듈에는 유용한 정보를 관리하고 전송하는 자원추적 모듈과 이 정보를 바탕으로 작업 프로세스를 구성하고 의사결정을 돕는 자원관리엔진으로 구성된다.

이러한 RMS를 유통 및 물류 기반 기업인 GENCO에 적용하여 사례를 분석하였다. 적용 결과, RMS의 도입의 네 가지 장점을 볼 수 있었다. 먼저 정확한

정보의 제공과 함께 정확한 작업으로 작업 효율성을 향상시키고 이는 고객 만족을 또한 향상시킨다. 또한 자원 관리 스케줄링에 시간이 절약되며 전체적으로 운영비를 절감시키는 효과를 가져왔다.

지금까지 불충분하고 부정확한 정보와 지원 시스템의 부재로 비용 및 시간적 낭비를 가져왔으나 RMS를 통한 지능형시스템으로 유용하고 복잡한 자원 정보와 관련 지식지원 시스템을 통해 고객만족 수준을 높게 유지하는 반면, 운영비는 최소화할 수 있다고 하였다.

(3) Ngai et al.(2005)의 연구

Ngai et al.(2005)은 컨테이너 데포에서의 일일운영과 위치관리를 위한 무선장비로 통합된 RFID 시스템 연구개발에 대하여 연구하였으며 특히, 컨테이너터미널에서의 RFID 기술 적용에 대한 상세한 내용을 소개하였다.

이 연구에서는 처리능력 32,000TEU 규모인 홍콩의 컨테이너터미널에 대한 사례분석을 실시하였는데, 기존 휴대용 무선 전화기의 한계, 부정확한 컨테이너 배치, 숙련된 작업자에 대한 의존도 그리고 비효율적인 컨테이너 추적 작업 등과 같은 문제점의 해결방안으로 RFID 시스템을 제시하였다. 이는 보다 쉬운 화물 추적, 운영 데이터의 가시화, 향상된 컨트롤 프로세스, 줄어든 유지보수 작업, 기술적으로 향상된 터미널 관리로 마케팅 효과까지 볼 수 있을 것으로 기대하고 있다.

기술적용을 위한 Framework는 인식되어야 할 트랜스폰더와 리더로 구성되는 RFID 시스템, 태그로부터 정보를 전송하는 무선네트워크, CDMSS(Container Depot Management Support System)와 이용자, 시스템간의 인터페이스 역할을 하는 포털로 구성된다. RFID 시스템과 무선네트워크는 통합되고 이를 CDMSS와 통합시켰다. CDMSS는 고객과 파트너를 관리하고 컨테이너에 부착된 태그로 트래킹, 스테킹, 유지보수 등을 관리한다. 또한 주문 스케줄링, 비용·이윤 등의 거래를 관리하며 현재 상황을 모니터링하고 취합한 데이터를 분석하여 효율성과 비용을 계산할 수 있다. 이러한 시스템과 이용자 사이의 연계를 위해 실시간 접근을 가능하게 하는 무선 포털과 인터넷을 통해 CDMSS에 접근하도록 도와주는 웹 포털로 구성되며 이에 대한 접근이 용이하도록 Short Message

Service(SMS) Gateway를 사용하였다.

이 기술은 크게 보다 나은 고객서비스, 주문관리, 컨테이너 관리기능을 할 것으로 기대된다. 먼저 고객서비스에서 고객은 컨테이너 데포에 얼마만큼의 컨테이너가 있고 어떤 종류가 있는지의 정확한 정보를 얻을 수 있고 스케줄에 접근할 수 있다. 이는 데포에서 컨테이너의 이용가능여부를 체크하는 데 요구되는 시간을 줄여준다. 주문 관리는 등록된 고객이 웹을 통해 주문 가능하고 이에 따라 전산적으로 스케줄링 되어 보다 효율적이다. 마지막으로 2D/3D Map을 통하여 컨테이너의 정확한 위치와 상태를 파악할 수 있고 실시간 추적이 가능하다. 또한 향상된 컨테이너 관리로 배송의 오류를 방지할 수 있다.

그러나 향후 야기되는 문제들은 금속과 같이 신호를 방해하는 물질들, 전자기의 인터페이스를 방해하는 기술적인 문제점, 변화되는 프로세스의 수용에 대한 인간 심리 및 문화적 문제, 보안문제, 코드 변환 문제, 막대한 양의 데이터 관리 문제가 있다. 이처럼 컨테이너 데포에 RFID를 도입함으로써 얻는 여러 가지 장점들이 있는 반면 문제점들도 많이 야기됨을 알 수 있다.

(4) Goodrum et al.(2006)의 연구

Goodrum et al.(2006)은 건설현장 도구들의 재고관리 및 운영과 유지보수를 위하여 도구 내의 능동형 태그 사용 가능성에 대한 예비 테스트를 실시하였다. 특히, 이 실험은 태그의 온도에 따른 내구성과 데이터 인식을 방해하는 주변의 물질에도 불구하고 실현가능성이 있는지를 3개월 동안 실험하였다. 실험을 위하여 작업장을 Chilling station 및 New generator, Facility rehabilitation, Plant expansion 그리고 Plant maintenance와 같이 네 가지로 분류하였다.

세부적인 내용을 살펴보면, Chilling station 및 New generator는 외부의 기온이 -12°C 까지 내려가고 밑을 만한 인식 범위는 3m에 불과하였다. Facility rehabilitation은 온도가 $-1\sim 21^{\circ}\text{C}$ 이고 인식을 방해하는 철강구조물이 있으나 태그 인식 범위는 7.5m까지 가능하였다. Plant expansion은 $18\sim 24^{\circ}\text{C}$ 의 온도에 인식을 방해하는 철강구조물이 있으나 인식 범위는 9m까지 가능하였다. 마지막으로 Plant maintenance는 철강 구조에 18°C 이하의 온도를 가졌으나 태그 인식 범위는 4.5m로 나타났다. 전체적으로 능동형 RFID 태그는 추적과 재고 시스템

을 위한 적절한 인식 범위(3~9m)와 내구성을 가진다는 결론을 얻었다. 그러나 능동형 RFID 태그 적용을 방해하는 요소로는 금속으로 인한 인식 방해와 낮은 기온이 인식 범위를 줄이는 것으로 나타났다. 또한, 실험 환경적인 요소도 있을 것으로 판단되었다.

마지막으로 적용된 능동형 RFID는 잠재성을 가지고 있지만 한계가 있음을 설명하였다. 충분한 인식범위와 추적 및 재고관리에 대한 효율성을 보인 반면, 능동형 태그의 높은 비용으로 인한 경제성, 표준화에 대한 문제, 금속과 같은 재료 및 온도에 따른 데이터 인식 방해에 관한 기술적 문제의 한계를 가지고 있다는 것을 주장하고 있다.

(5) Jones et al.(2006)의 연구

Jones et al.(2006)은 고객요구중심, 저전력의 능동형 RFID 태그의 개발을 기술적인 측면에서 상세히 설명하였다. 기존의 RFID 태그 디자인은 모든 태그 구성요소들이 수동적으로 통합되어 표준 및 요구사항들의 변동을 다루는데 몇 달 내지는 몇 년이 걸리기도 하였으나 여기서 소개되는 자동화된 RFID 태그 디자인은 몇 시간 혹은 며칠 동안 다룰 수 있다.

이 논문에서는 태그의 파워 최적화를 중요시하고 있다. 수동형 태그는 공급되는 파워가 제한되고 능동형 태그는 배터리 소진의 문제를 가지고 있기 때문에 RFID 시스템에서 파워는 결정적이라고 한다. 이 파워에 중점을 두고 기존의 프로세서와 FPGA 기반을 설명하고 있다. 프로세서에서 임베디드 프로세서는 합리적인 파워 및 에너지 소진을 제공하고, EISC 프로세서는 저전력에 유용하지만 시스템 메모리가 제한되는 한계를 가지고 있다. 이를 향상시키기 위해 FPGA가 고려되고 파워를 절약하기 위한 smart buffer를 트랜스시버와 태그 컨트롤러 사이에 위치하는 것이 최적이라고 하였다.

결론적으로 마이크로프로세서와 FPGA-based 태그를 위해, 최종 수행은 smart buffer를 기반으로 하는 ASIC를 사용해야 한다고 주장하고 있다. smart buffer를 기반으로 하는 ASIC는 디자인을 크게 변화시킬 필요가 없고 파워를 절약할 수 있기 때문이다. 또한, FPGA-based smart buffer는 기능적 증명을 위해 사용될 것이다.

(6) Doerr et al.(2006)의 연구

Doerr et al.(2006)은 창고에서 군수물자 재고관리를 위한 RFID/MEMS(Micro Electro Mechanical System) 기술의 적용과 이에 따른 편익분석을 실시하였다. 저자는 RFID 시스템 적용은 상당한 이익을 가져다 줄 것으로 예상되며 RFID의 수행 평가에 대한 철저한 분석이 필요하다고 주장한다. 이 연구의 평가 접근은 정성적 요인들의 평가를 위한 Multi-Criteria 분석과 함께 예상되는 재정적 요소들의 Monte-Carlo 시뮬레이션을 결합시켰다.

RFID/MEMS 프로젝트의 비용편익 조사는 비용과 관련이 없는 혜택을 위한 팩토리얼 구조를 포함하는 정성적 방법과 RFID 수행 가치를 측정하기 위한 전통적인 ROI(Return On Investment) 분석을 포함하는 정량적 방법이 이용되었으며 주요 요소에 대한 민감도 분석과 위험 분석을 수행 하였다.

먼저, 정성적 분석은 사례 조사와 Multi-Criteria Decision 기법을 이용하여 인터뷰와 설문지 조사를 병행하였다. 그 결과 RFID/MEMS의 수행으로부터 안전성과 용이한 취급의 향상이 큰 이익을 산출할 것이라고 하였다. 이는 결국 정량적인 혜택을 보여준다고 할 수 있다.

정량적 분석은 민감도 및 위험 분석과 함께 ROI를 측정하였다. 결과에 앞서 RFID/MEMS에 의해 감소될 것으로 예상되는 비용은 노동력 감소, 군수물자 조사의 감소, 물자 제공을 위한 주문 또는 하역 등을 포함하는 총 수송비 감소, DMS(Demilitarization, Maintenance and Surveillance)와 관련된 비용의 감소이다. RFID/MEMS 기술 도입으로 필요한 투자비용은 COTS (Commercial-Off-the-Shelf)로 변경하기 위한 비용과 리더와 태그 등 시스템 도입을 위한 비용으로 나타났다. 정량적인 분석의 결과는 먼저 민감도 분석에서 20년을 기준으로 5%의 할인율을 적용할 때 ROI는 154.8%로 나타났다. Monte-Carlo 시뮬레이션을 사용한 민감도 분석은 148~165.6%의 ROI를 가질 것이라는 결과가 나타났다.

이와 같이 RFID/MEMS 애플리케이션은 상당한 비용절감을 가져다 줄 것으로 예상되며, 이는 군수물자를 위한 부분뿐만 아니라 다른 곳에서도 상업적으로 이용이 가능해야 한다고 주장하고 있다.

(7) Yagi et al.(2005)의 연구

Yagi et al.(2005)은 건설현장에서 자재와 정보를 통합하기 위한 “Parts and Packets Unification System(PPUS)”을 제안했다. 이는 건설과정에서 많은 자재들이 사용되고 이 자재들은 공정 스케줄에 큰 영향을 미치기 때문이다. 따라서 정보가 든 칩에서 지속적으로 정보를 제공함으로써 자재의 현재 상황과 스케줄을 비교하여 미리 스케줄을 용이하게 조정할 수 있는 장점을 가지고 있다.

건설현장에서 IT를 기반으로 하는 시스템이 필요한 이유를 다음과 같이 소개하였다. 첫째, 정보를 통하여 비숙련노동자들도 일을 쉽게 파악하고 질을 향상시킨다. 둘째, 자재의 교체 및 유지 보수 등을 관리한다. 셋째, 자재와 정보의 유기적인 흐름으로 공급체인을 관리한다. 넷째, 작은 단위의 정보로 접근성이 용이하여 비용관리가 투명해진다. 다섯째, 재생 및 재사용을 위한 역과정(reverse process) 수행이 가능하다. 여섯째, 자재를 표준화하여 다른 곳에서도 사용이 가능하므로 자재 흐름을 보다 자유롭게 한다.

이 논문에서는 다양한 자재의 이동과 상태의 변화를 조정하기 위한 시스템으로 Glue Logic 개념을 소개하였다. 이는 정보들이 유기적으로 연결되어 건설현장에서 공정작업을 쉽고 유연하게 한다. 이러한 Glue Logic 개념을 바탕으로 전체 프로세스가 어떻게 수행되는지를 보여주는 IF5II 프로젝트를 소개하였다. 게이트는 검사지점으로서 자재의 변화를 모니터링하고 점검한다. RFID 칩을 삽입한 자재는 Gate를 통과하고 Gate는 그 자재의 URL을 읽는다. 칩을 통해 그 자재가 무엇인지, 어디에 있는지, 상태가 어떤지 등의 정보를 알 수 있다. 자재에 부착된 칩에는 사용방법, 도안, 설치과정 등 충분한 관련 정보를 통하여 비숙련노동자들도 작업수행이 가능하다. 또한, 자동으로 자재가 할당되어 재고관리와 동시에 조사자가 검사를 위해 따로 건설현장에 가지 않고서도 자동으로 조사가 가능하다.

3D CAD 또는 4D 시뮬레이션을 통해 건설현장 프로젝트의 진행을 향상시킬 수 있다. 실제로 이 논문에서는 시뮬레이션 모델을 통해 각 부품의 정보를 사용하여 스케줄링이 가능함을 보여준다. 마지막으로 최적 상태로 작업을 수행하기 위해 로봇이 제안되는데 이 로봇은 ID를 얻고 이 ID를 가진 태그의 위치를 정확히 찾아줌으로써 작업효율을 높인다. 이처럼 자재와 정보의 통합은 Glue Logic에 의해 컨트롤되고 로봇공학으로 모든 것이 유기적으로 연결됨을 보여준다.

(8) Song et al.(2005)의 연구

Song et al.(2005)은 배관공사에서 사용되는 파이프에 대한 현존 추적 시스템 과정의 문제점을 해결하기 위하여 RFID 적용 테스트를 실시하였다. 배관공사 설치에는 약 2~3억 달러의 비용이 소요되고 약 10,000개의 파이프가 이용된다. 많은 파이프와 관련하여 이 중 약 2%의 위치오류가 발생하는 점을 들어 배관공사에 RFID 시스템 도입의 중요성을 부각시키고 있다.

첫 번째 실험은 휴대 가능한 리더의 사용과 장착된 리더의 사용실험이었다. 실험 결과, 전형적인 수송 조건에서 간단한 인식을 위한 능동형 RFID 기술은 상업적으로 사용가능함이 입증되었다. 보다 복잡한 두 번째 실험은 각각의 파이프를 자동적으로 인식이 가능하도록 하는 애플리케이션 기술 실험이었다. 연구 결과 4개의 안테나를 장치하고 2mph 이하로 Gate를 통과할 경우, 능동형 RFID는 100%의 정확성과 정밀성을 가지고 자동 인식할 수 있는 것으로 나타났다.

이 연구에 의하면, 먼저 화물 수령 즉시 화물량 인식과 위치 추적을 위한 시간의 감소, 다음으로 선적, 수취, 재고에 보다 정확하고 적시의 정보를 제공, 마지막으로 화물의 분실이나 검색시간을 줄임으로써 스케줄의 신뢰성을 높일 수 있음을 기대하고 있다.

(9) Kim et al.(2006)의 연구

Kim et al.(2006)은 RFID를 활용한 컨테이너터미널에서의 효율적인 Gate System 구축에 대한 연구를 하였다. 이 연구는 기존의 컨테이너터미널 Gate 통과 시스템인 영상 문자 인식 방식, 바코드인식 방식과 RFID를 활용한 Gate 통과 시스템 방식을 비교하였다.

각 시스템별 기술적 성공요인과 생산성을 검토한 결과 RFID의 출현으로 인해서 각 시스템의 컨테이너 번호확인에 대한 문제는 어느 정도 해소될 것으로 보이며 어떠한 방식을 구현하든지 본선 선적부분에서는 검수원의 마지막 육안 확인 작업은 계속될 것으로 판단하였다. 따라서 인력 수요의 최소화에 대한 이점만이 남게 될 것이고, 각 항목 중 비용측면의 Good, Not Good, Bad의 평점(<표 2-17>참조)은 각 시스템과의 상대적 비교이지 절대적인 평가 수치가 아니

며 효용성 역시 고려되지 않았으므로 비용 대비 효과라는 평가도 이루어지지 않은 단순 비교이다.

<표 2-17> Gate 시스템별 기술적 성공요인 비교

구분	바코드	RFID	Camera
화물에 관한 Security	BAD	GOOD	NOT GOOD
인력 투입 및 업무량	GOOD	GOOD	NOT GOOD
인식율	GOOD	GOOD	NOT GOOD
비용	GOOD	NOT GOOD	BAD
효율성	GOOD	GOOD	NOT GOOD
System 적용	GOOD	GOOD	NOT GOOD
홍보 및 광고 효과	NOT GOOD	GOOD	GOOD

자료 : Kim et al.(2006)

이러한 운영상황을 종합하여 검토, 조사된 각 시스템의 Gate 평균 생산성을 <표 2-18>에서 볼 수 있으며 RFID 방식은 최근 해양수산부의 시범사업에서 나타난 결과 값을 적용하여 RFID 방식의 생산성까지도 고려하였다. RFID가 현실적으로 구축된 터미널은 없지만 차량과 컨테이너에 RFID 태그를 붙임으로써 바코드의 장점과 카메라영상문자인식의 장점 모두를 결합한 시스템으로 구축이 가능할 것이라고 하였다.

<표 2-18> 자동화 Gate의 정상적인 생산성 비교

구분	Gate 통과 시간	비고
영상인식문자	평균 25 ~ 40초	-
바코드	평균 15 ~ 25초	-
RFID	평균 15 ~ 25초	- 차량 900MHz, 컨테이너 433MHz
	평균 10 ~ 15초	- LDU 또는 SMS 사용 시

자료 : Kim et al.(2006)

3) RFID 관련 기존 문헌 종합

본 절에서는 RFID와 관련된 이론적 연구와 적용에 따른 측정 및 평가를 통한 연구들에 대하여 살펴보았다. 이 연구들을 종합하여 정리하면 <표 2-19>와 같다.

<표 2-19> RFID 관련 연구내용

구분	연구자	연구내용
이론적 연구	Roberts(2006)	- RFID에 대한 전반적인 내용 소개, RFID에 대한 개인정보, 보안, 법규, 비용 등의 문제 제시
	Flint(2006)	- RFID의 크기, 정보 처리량, 재고관리 효율성 등의 장점, 기업 및 고객의 프라이버시와 관련한 법적 측면의 문제점 제시
	Ayoade(2006)	- RFID 정보 보호 방안 소개, 기존의 Kill Command, Faraday Cage, Active Jamming, Blocker 태그 방식 → APF 승인 방식
	Wu et al.(2006)	- 7개의 문제점 제기 (기술적 문제, 표준화 문제, 특허로 인한 비용 문제, 시스템 구축비용 문제, 국가간 연계 문제, RFID 투자비용 문제, 현재 바코드 대체시 비용 문제) - 개선방향 제시 (기술적 문제 → 지속적인 개발, 표준화 문제 → 호환성 개발, 비용 관련 문제 → 수요 창출, 비용 최소화 등)
	Robshaw(2006)	- RFID 태그의 보안을 위한 암호화에 대한 연구
RFID 측정 및 평가에 대한 연구	Coyle(2005)	- 현재 도서관에서 사용하는 RFID의 문제점에 대하여 제시 → 서적들간 신호 마찰, CD와 같은 광학기기 사용 가능 여부
	Chow et al.(2006)	- 보관 시스템에서의 RFID 기술 응용 평가 → 정확한 정보, 작업 효율화, 고객 만족, 자원관리 스케줄링 가능, 시간 절약, 운영비 절감
	Ngai et al (2005)	- 컨테이너 테포(홍콩 컨테이너터미널)에서의 RFID 기술 적용연구 - 기존 문제점 → 휴대용 전화기의 한계, 부정확한 컨테이너 배치, 숙련된 작업자 의존, 컨테이너 추적의 비효율성 - 기존 문제점을 해결하기 위하여 RFID 적용
	Goodrum et al.(2006)	- 건설현장 장비들의 재고관리 및 운영, 유지보수 대한 RFID 적용 - 태그의 온도, 내구성 등에 대한 실험 → 재료 및 온도에 대한 한계 발생
	Jones et al.(2006)	- RFID 태그의 배터리 소진 문제, 전원 최적화
	Doerr et al.(2006)	- 군수물자 재고관리에서의 RFID 적용 → 정성적 측면(설문조사 실시 → 이익 산출 예상), 정량적 측면(노동비 감소, 수송비 감소, 주문 하역비 감소 등 예상)
	Yagi et al.(2005)	- 건설현장에서의 자재 및 정보 통합을 위하여 RFID 적용 - 자재에 대한 정보, 상황, 스케줄 파악이 큰 장점으로 나타남
	Song et al.(2005)	- 기존 배관공사에서 사용되는 파이프 추적시스템 → RFID 적용 - 화물량 인식, 위치추적에 따른 시간 감소, 선적, 수취, 재고정보 파악, 화물 분실 및 검색시간 감소
Kim et al.(2006)	- 컨테이너터미널 Gate System에서의 RFID 적용 연구 수행 - RFID의 인식률, 생산성 및 비용 분석 - 다른 시스템과의 연계 가능성 도출, 정보관리, 터미널 효율화 및 마케팅 제고 등	

자료 : 기존 문헌들을 참고하여 재정리

제3장 컨테이너터미널에서의 RFID 시스템 적용방안

3.1 컨테이너터미널 Gate 통과시스템의 적용방안

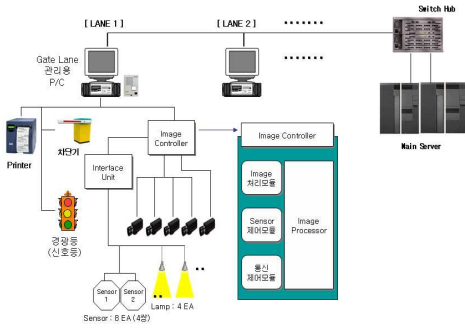
1) Gate 통과시스템 개요

현재까지 전 세계적으로 운영되고 있는 Gate의 운영방식은 크게 4가지로 나누어질 수 있다. 첫째, 자동화 개념이 도입되지 않은 터미널에서의 수작업에 의한 Gate 운영방식, 둘째, 자동화 개념이 도입된 터미널의 바코드 시스템, 셋째, 현행 시스템에서 가장 첨단기술로 인식되고 있는 문자인식(카메라 영상문자인식)에 의한 운영방식, 마지막으로, 최근에 무인자동화 터미널과 유비쿼터스시대에 맞추어 도입된 RFID 방식에 의한 무정차 Gate 시스템 방식이다. 본 장에서는 자동화 개념이 도입된 터미널의 Gate 운영방식에 대해서만 간략히 살펴보고자 한다.

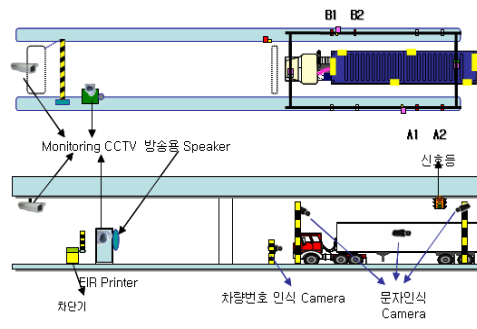
(1) 카메라 영상문자 인식방식 Gate 시스템

카메라 영상문자 인식방식은 현재까지 나타난 기술 중 가장 첨단 기술이 접목된 시스템으로 인식되고 있다. 컨테이너 번호와 차량번호를 동시에 인식함으로써 컨테이너 오반출, 오반입의 문제를 Gate 반출·입시 Gate에서 시스템적으로 사전에 제거한다는 점에서 가장 큰 효과를 기대할 수 있다. 이는 무인 자동화 터미널을 추진하는 컨테이너터미널에서 이 방식의 Gate 자동화를 선호하는 이유이다.

카메라를 이용한 영상문자 인식방식은 구축 업체별로 다양하게 구현되는데, 일반적으로는 <그림 3-1>과 같이 Gate에서 영상문자인식을 통해 컨테이너 정보를 파악한 후에 장치장 위치를 표시한 안내용지를 트레일러 기사에게 전달하는 과정으로 이루어진다. 또한, 이러한 각 모듈의 연계를 통하여 <그림 3-2>와 같이 Gate를 구성하게 되는데, Gate는 영상인식을 위한 카메라뿐만 아니라 각 카메라를 동작시키는 각각의 센서, 그리고 장치장 위치를 표시하여 프린트해주는 Service Ticket Machine과 데이터 처리가 된 후에 차량이 통과할 수 있도록 제어하는 차단기 등으로 구성된다.



<그림 3-1> 영상문자 인식방식의 시스템 구성도

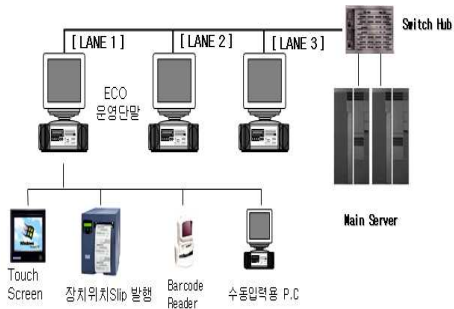


<그림 3-2> 영상문자 인식방식의 Gate 구성도

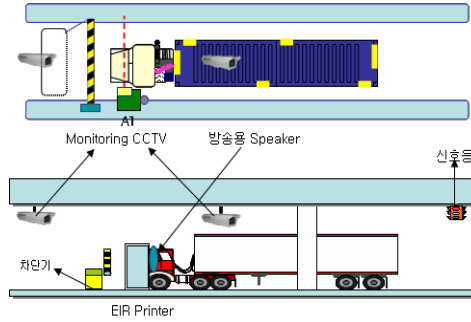
(2) 바코드 인식방식 Gate 시스템

바코드 인식방식은 우리나라에서 보편적으로 사용되는 Gate 운영 방식으로서, Gate의 생산성과 운영 및 유지관리의 용이함, 초기 투자비용의 저렴함 등으로 인해 현재 가장 선호하는 시스템이다. 그러나 바코드 인식방식은 단순히 트레일러 차량의 바코드 카드 인식에 의한 차량번호만을 확인하기 때문에, 그 차량이 어떤 컨테이너를 운송하는지 여부를 알 수 없다. 또한, 운송사로부터 사전정보를 받지 않으면, 컨테이너 데이터처리가 불가능하여 운송 전에 사전정보가 터미널의 시스템에 전송되어 있어야 정상적인 데이터처리가 가능하다.

기본적으로 바코드 인식방식은 개별 터미널 간에 시스템 구성상 상이한 점이 없어 표준화되어 있다. 일반적으로는 <그림 3-3>과 같이, Service Ticket Machine에 바코드를 인식시키면 서버에서 데이터를 처리한 후 야드 장치장 안내용지를 프린트해주는 방식이다. 바코드 인식방식의 H/W시스템 구성은 <그림 3-4>와 같이, 바코드 카드를 인식하는 스캐너와 차량을 인식하는 센서 및 장치장 위치표시용 티켓을 인쇄하는 바코드 프린터로 구분된다. 바코드 스캐너에서 취득된 차량번호는 운송사에서 보내온 반입예정목록(COPINO)과 대조하여 같은 차량 번호의 사전정보가 있으면 연계된 컨테이너에게 야드 장치장을 배정하고 용지를 출력해 준다.



<그림 3-3> 바코드 인식방식의 시스템 구성도

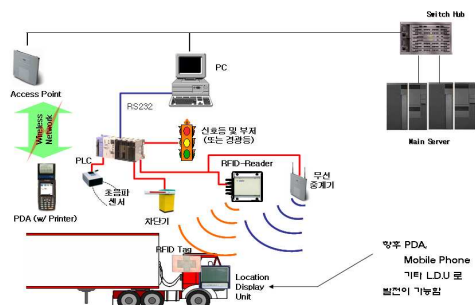


<그림 3-4> 바코드 인식방식의 Gate 구성도

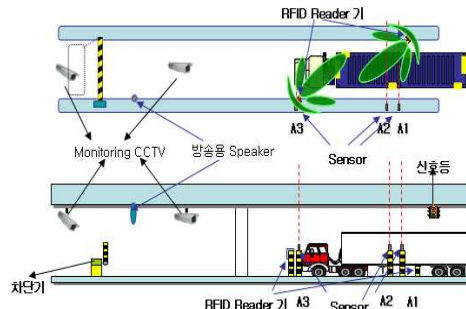
2) Gate 통과시스템의 RFID 시스템 적용

유비쿼터스 방식은 이미 우리 생활에서 활용되고 있으며, 컨테이너에 장착할 태그의 표준 주파수와 물류 차량용 태그의 주파수까지도 국제적인 표준화가 완료되어가고 있다. 따라서 RFID를 이용한 Gate의 운영은 여러 가지 측면에서의 이점을 창출할 것이다. RFID 인식방식은 현재까지 어느 터미널에서도 사용되고 있지는 않으나, 태그 인식률이 100%에 육박할 정도로 정확하기 때문에 많은 터미널에서 고려하고 있고 이와 관련된 해수부의 1차 시범운영사업도 종료되었다.

일반적인 RFID 인식방식은 첨단 유비쿼터스기술이 접목된 시스템으로 컨테이너 번호(433MHz 태그)와 차량번호(900MHz 태그)를 동시에 인식함으로써 컨테이너 오반출 및 오반입의 문제를 사전에 제거한다는 점에서 영상문자인식방식과 마찬가지로 가장 큰 효과를 기대할 수 있다. RFID 인식방식은 무인 자동화 터미널을 추진하는 컨테이너터미널에서 Gate를 효율적으로 운영할 유일한 대안으로 평가받고 있다. RFID 인식방식의 작업과정은 카메라 영상문자 인식방식과 거의 동일하게 이루어진다. RFID 인식방식의 H/W시스템 구성은 RFID 태그를 인식하는 리더와 차량을 인식하는 센서 및 장치장 위치표시용 티켓을 인쇄하는 프린터로 구분된다. 마찬가지로 RFID 리더부에서 취득된 차량번호는 운송사에서 보내온 사전정보와 대조하여 정보를 검증한 뒤 컨테이너에게 야드 장치장을 배정하고 용지를 출력해 준다. RFID 인식방식의 H/W 및 S/W 연계구성도는 <그림 3-5> 및 <그림 3-6>과 같다.



<그림 3-5> RFID 인식방식의 시스템 구성도



<그림 3-6> RFID 인식방식의 Gate 구성도

3.2 컨테이너터미널 장치장 운영시스템의 적용방안

1) 장치장 운영시스템 개요

기존 컨테이너터미널 시스템의 운영형태는 컨테이너 취급기기와 처리체계 및 장치, 보관시스템의 운영형태, 시스템의 구조 등을 기준으로 할 때, 다음과 같이 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 즉 트레일러나 샤시에 탑재하여 보관, 장치하는 탑재방식(On-Wheel/On Chassis System or Road Trailer System)과 야드 바닥에 컨테이너를 다단으로 쌓아 보관·장치하는 적재방식(Stacking System or Grounding System)으로 나뉘어진다.

적재방식은 다시 그 조작 장비에 따라 스트래들 캐리어 방식(Straddle Carrier System), 트랜스퍼 크레인 방식(Transfer Crane System), Front-End Top-Pick Loader 방식(Front-End Top-Pick Loader System), 혼합방식(Mixed System) 등으로 구분된다.

(1) 샤시 시스템(On-Chassis System)

샤시방식은 컨테이너를 샤시트레일러 위에 적재된 상태로 대기시켜 필요할 때 바로 수송이 가능하도록 하는 방식이다. 수입컨테이너는 갠트릭크레인을 이용하여 본선으로부터 야드 트랙터(Yard Tractor)가 이끄는 샤시위에 양륙되어 지정된 장치장까지 운반된 후, 상차된 상태로 장치되어 수화주의 반출요청시 샤

시에 상차된 상태로 수화주의 Road Tractor에 의하여 반출된다. 수출컨테이너의 경우는 야시에 실린 채 컨테이너 야드에 반입되어 적치되었다가 야드 트랙터에 의해 선측으로 이동되어 컨테이너만 본선에 적재되는 방식이다. 이 방식을 채용하는 컨테이너터미널은 컨테이너를 야시와 함께 인수·인도하며 동시에 야드 적재시나 선박과 야적장간의 운송시에도 야시를 이용한다. 통상 야시는 선사가 소유하거나 임차하게 되며 터미널 측에서 보유하는 경우는 드물다. 따라서 선사에서는 컨테이너 하역에 적합한 수의 야시를 터미널 측에 제공한다.

야시방식은 토지이용률이 매우 낮고 장비보유비용도 역시 낮은 편이며, 트럭 기사나 야드 운전사들이 직접 컨테이너를 선박에 인도하거나 선박으로부터 인수하기 때문에 소요노동력도 낮은 편이다. 또한 컨테이너가 야시에 놓여있기 때문에 하역을 위해 운송되는 동안 손상의 요인이 되는 다른 장비들과 부딪칠 기회가 거의 없어 손상률이 극히 낮은 편이다. 그러나 컨테이너를 1단밖에 장치할 수 없어 방대한 면적과 수천대의 야시, 많은 트레일러가 필요하므로 지가가 저렴한 지역에서 선사가 트레일러를 제공하거나 터미널을 임차하여 전용으로 운영하는 경우에 가능한 방식이다.

(2) 스트래들 캐리어 방식(Straddle Carrier system, S/C)

스트래들 캐리어는 터미널 내에서 하역과 운반을 하나의 기계로 행하는 것으로 컨테이너를 양각사이에 끼우고 자유로이 운반할 수 있는 장비이다. 하역과 운반을 하나의 기계로 행하는 것은 스트래들 캐리어뿐이다. 보수비용이 많이 드는 단점이 있으나 기동성이 풍부하고 작업의 유연성을 가지고 있는 것이 큰 특징이다. 터미널 내에서 이 방식은 컨테이너를 양각사이에 들어 올려 크레인 아랫부분으로부터 이동시켜 CY(Container Yard)내에서 지상 또는 다른 컨테이너 상에 다단으로 장치하였다가 화물을 인도할 때에 다시 S/C로 집어서 야시위에 올려놓는 방식이다. 이 방식에는 S/C 직접이송방식과 S/C 연계방식으로 나누어 지는데, S/C 직접이송방식은 선박에서 에이프런에 양하한 컨테이너를 S/C가 직접 장치장으로 운반하여 장치하고 수화주의 반출 요청시 수화주의 트랙터에 상차하여 반출하는 방식이며, S/C 연계방식은 S/C가 장치지역에서의 컨테이너 장치, 반입, 반출작업에 제한적으로 사용된다.

스트래들 캐리어 방식은 샷시 방식에 비하여 기기에 의한 취급회수가 한 번 더 많으나 야드 내에서의 장치효율이 높으므로 토지이용의 효율이 매우 높다. 또한, 터미널 내에 작업량이 급증할 경우에도 이를 해결할 수 있는 탄력성 및 운반이나 적재에 융통성이 많다는 장점이 있다. 그러나 장비보수비용과 시간이 많이 들며, 장비와 컨테이너의 파손율이 높다는 단점이 있다.

(3) 트랜스퍼 크레인 방식(Transfer Crane system, T/C)

야드 트랜스퍼 크레인 방식(Yard transfer crane system)이라고도 불리는 이 방식은 타이어나 레일에 의해 전후방향으로만 이동하여 양륙된 컨테이너 야드까지는 트랙터와 샷시로 운반하고 장치장에서는 3~5단 적재가 가능한 트랜스퍼 크레인(T/C)이 컨테이너 장치·반입·반출작업을 행하는 방식이다. 이 방식은 적은 면적의 컨테이너 야드를 가진 터미널 및 장치장을 최대로 활용할 때에 가장 적합하며 일정 방향으로만 이동하기 때문에 전산화에 의한 완전 자동화가 가능하다. 그러나 일정한 작업량까지는 원활한 처리가 가능하나 물동량이 증대되는 경우 자유롭게 대응할 수 없어 대기시간이 늘어나는 문제점이 있다.

(4) Front-end Top-pick Loader 방식

이 방식은 트랜스퍼 크레인 방식과 같이 장치장이 다양하고 견고한 구역내에 컨테이너를 3단 높이까지 쌓을 수 있도록 되어 있으며, 인수·인도작업은 트랜스퍼 크레인 방식과 아주 유사하게 이루어진다. 수출 컨테이너는 트럭에 의해 직접 컨테이너 장치장에 옮겨지며, Front-end loader는 컨테이너를 트럭 샷시로부터 옮겨서 지정된 장치장 위치에 갖다 놓는다. 수입 컨테이너는 야드 적재 장소에서 Loader에 의해 직접 운반 장비인 샷시에 인도되며, Front-end loader는 장치장에 적재되는 컨테이너와 역순으로 야적 블록에서 컨테이너를 끌어낸다.

Front-end top-pick loader는 고도의 다양성을 가진 장비로서, 터미널내에서 컨테이너 이동을 신속하게 할 수 있으며, 터미널 어느 곳에서나 운영할 수 있다. 이 방식은 최소한의 유지비만 소요되며 쉬는 시간이 매우 짧고, 트랜스퍼 크레인과는 같은 다른 장비와 함께 사용할 수 있다. 그러나 컨테이너 처리시 선택력이 부족한 단점이 있다.

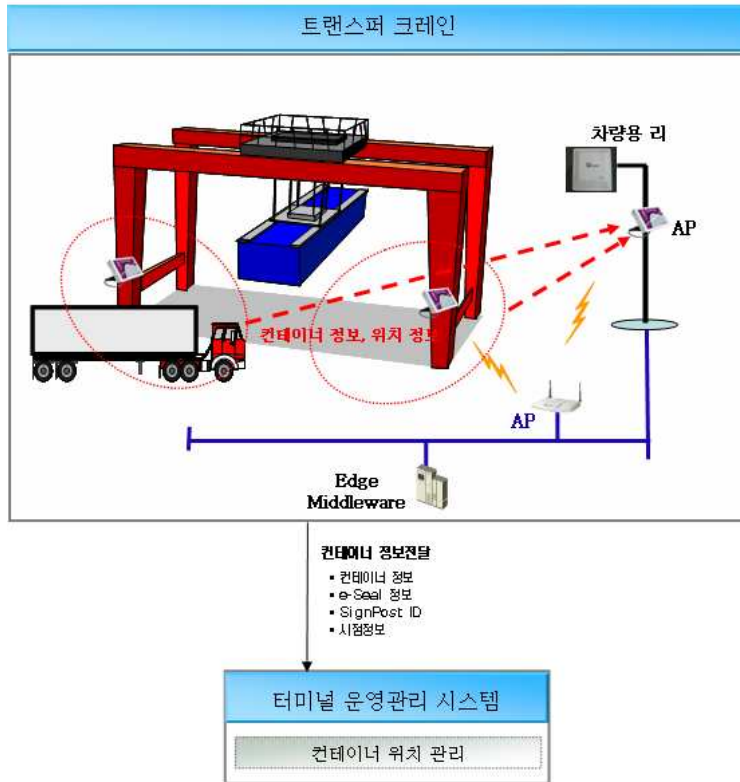
(5) 혼합중계방식(Combination system)

혼합방식은 스트레들 캐리어와 트랜스퍼 크레인을 혼합하여 사용하는 것으로 수입 컨테이너에 대해서는 스트레들 캐리어를 사용하고, 수출 컨테이너를 야드에 직접 선측까지 운반할 경우에는 트랜스퍼 크레인을 사용하여 작업의 효율성을 높이는 방법이다. 이 방식이 성공하기 위해서는 종합적인 정보시스템과 작업에 대한 확실한 계획이 필요하다. 종전에 스트레들 캐리어 방식을 사용한 자성대 컨테이너터미널의 운영형태는 위에서 살펴본 여러 방식 중 혼합 중계방식을 취하였지만, 전형적인 혼합 중계방식과는 달리 수출 컨테이너 작업은 스트레들 캐리어로 수입 컨테이너 작업은 트랜스퍼 크레인에 의하여 수행되었던 것이 특징이었다. 그러나 현재 자성대 컨테이너터미널은 트랜스퍼 크레인 방식으로 운영 형태를 변경하였다.

2) 장치장 운영시스템의 RFID 시스템 적용

컨테이너터미널 분야별 생산성 변화는 5장의 시뮬레이션에서 구체적으로 다루고 이에 따르는 기대효과를 제시하기 때문에 본 절에서는 RFID 적용 방안을 간략히 살펴보고자 한다.

컨테이너터미널의 장치장에 컨테이너를 장치할 경우 장치할 컨테이너 운송 트랙의 차량용 RFID 태그정보를 리더 장치에 의하여 인식하고, 컨테이너 하차시 T/C에 장착된 컨테이너 태그 리더를 통하여 컨테이너를 인식함으로써 컨테이너 장치시 오작업을 없앨 수 있다. 컨테이너 장치장에 설치된 리더를 통해 장치 대상 컨테이너를 자동으로 확인하고 T/C가 장치 작업을 수행하면 컨테이너의 태그는 리더에 자신의 정보를 전송한다. 태그정보를 이용하여 장치된 컨테이너의 위치를 확인함으로써 작업 지시서 상의 위치와 일치하면 작업을 완료하고, 일치하지 않으면 담당자에게 경보를 전송하여 위치 수정작업을 수행한다. 이러한 최종 장치위치를 시스템 상에 업데이트하여 실물과 전산 상의 장치 위치를 일치시키고 선적 작업시에는 컨테이너 이동 작업이 요구되는 경우 컨테이너 야드에 배치되어 있는 각 야드 트랙터의 위치를 추적하고, 작업위치에서 가장 가까운 곳에 위치한 야드 트랙터를 확인하여 최소의 동선을 지시함으로써 야드 장비의 효율성 도모와 무인 자동화 작업을 가능하게 한다.



<그림 3-7> T/C에서의 RFID 자동 인식

3.3 컨테이너터미널 적·양하 운영시스템의 적용방안

1) 적·양하 운영시스템 개요

최근의 컨테이너크레인은 선박대형화 추세에 따라 갑판상 22열 8단적까지 처리할 수 있고, 아웃리치 65m, 선창열수 21열 이상, 그리고 취급중량은 40~50톤 정도이며 70톤 이상을 취급할 수 있는 크레인도 있다. 그리고 하역시간을 단축하기 위하여 크레인의 작동속도를 빠르게 하거나 DHC(Dual Hoist Crane)도 설치되고 있다. DHC는 하역의 작업경로를 분할하여 고속화, 고능률화 및 자동화를 실현한 장치로서 작업구간을 엘리베이터와 플랫폼, 선박과 플랫폼의 두 개로 분리함으로써 작업경로를 단축시킨 것이다.

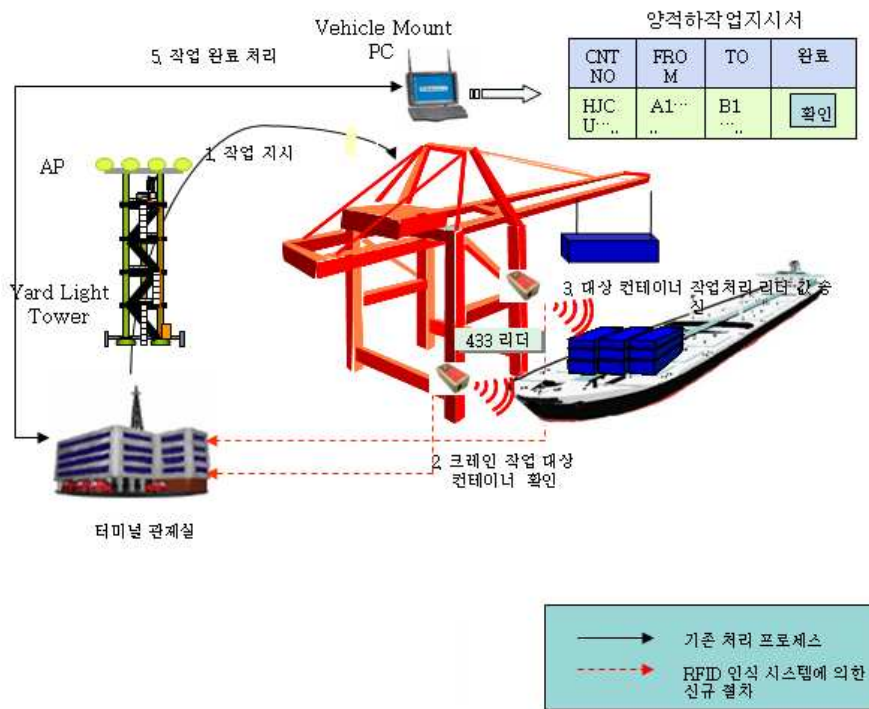
컨테이너선박의 초대형화 추세에 대비하여 새로운 하역시스템의 개발이 진행되고 있다. 예를 들어 로테르담 ECT터미널의 항만 확장계획은 1만TEU급 컨테이너선박이 기항한다는 전제 아래 수립되어 있으며, 1만TEU급 선박(길이 380m, 폭 55m)의 적·양하 컨테이너 수는 4천~5천TEU 정도로 예측하고 있다. 따라서 이러한 선박을 24시간 이내에 출항시키기 위해서는 새로운 하역시스템이 필요하며, 대응방안으로 선박 양측에 4~6개의 크레인을 배치하여 하역능률을 높이는 방안이 검토되고 있다. 또한 장래에는 컨테이너를 한꺼번에 대량으로 하역할 수 있도록 여러 가지 연구가 진행되고 있다. 그 예로서 스웨덴에서 개발하고 있는 LUFF 하역방식은 16개의 컨테이너를 한 단위로 하여 동시에 하역할 수 있으며, 연속하역 장치로서 모노레일을 이용한 회전하역장치나 차량 등을 이용한 선측하역장치 등도 연구되고 있다.

오늘날 대부분의 자동화 갠트리크레인은 고속화, 작업경로의 분할에 따른 고능력화, 자동운전 및 작업 중지시간의 감소 등을 실현한 DHC(Dual Hoist Crane)형이다. 즉 DHC는 Post-Panamax선의 출현으로 인한 선복량 및 하역량의 증대에 대응하여 트롤리의 이동거리를 둘로 나누어 사이클 타임을 줄임으로써 효율을 높인 것이다.

2) 적·양하 운영시스템별 RFID 시스템 적용

야드 트랙터에 의해 선적될 컨테이너가 에이프런으로 이동되면 해당 갠트리크레인의 사인포스트가 컨테이너에 부착된 RFID 태그를 활성화시켜 자신의 ID를 태그에 기록하고 사인포스트에 의해 활성화된 컨테이너 태그는 자신의 정보를 갠트리 크레인에 부착된 리더를 통해 컨테이너 화물추적 시스템으로 전송한다. 이 정보를 선적계획과 비교하여 올바른 선적 대상 컨테이너인지를 확인하고 선적 작업을 승인함으로써 오선적을 사전에 방지할 수 있으며 해당 갠트리 크레인은 작업이 승인된 컨테이너를 선적계획에 따라 선적한다. 그리고 선적 불가능한 컨테이너가 갠트리 크레인에 의해 이동될 때에는 담당자에게 경보를 전송함으로써 선적 작업시의 문제를 최소화할 수 있다.

컨테이너가 갠트리 크레인에 의해 선적이 완료되면 컨테이너의 위치 정보를 전송하고 시스템의 정보를 자동으로 업데이트하여 하역작업을 수행하는 갠트리 크레인 하부 작업자의 업무 부담을 경감시킬 수 있을 것이다.



<그림 3-8> RFID 시스템의 선적 자동화 적용

3.4 RFID의 항만물류시스템 적용 방안 및 효과

1) 항만물류시스템 적용 방안

항만물류 시스템분야의 적용 방안으로는 RFID를 이용하여 수출업체의 제품 창고에서부터 컨테이너터미널 출항 시점까지 컨테이너 이동의 전 과정을 실시간으로 추적하고, 태그 기록 정보는 각 거점에 설치된 사이트 매니저를 통해 컨테이너 화물 추적시스템에 실시간으로 취합하여 해당 고객에게 제공되는 시스템으로 구축한다.

<표 3-1> 항만물류의 RFID 시스템 적용

구분	내용	위치
화물창고 출발	출발 시점을 RFID 태그에 기록	육상
ICD 진출·입	ICD 진출·입시 트레일러 및 컨테이너 정보를 확인하고 진출·입 시점을 기록	ICD
톨게이트 통과	톨게이트 통과시 통과시점을 읽어서 사이트 관리 시스템을 통해 전송함	톨게이트
Gate 반입	Gate 반입시 트레일러 및 컨테이너 정보를 확인하고 반입시점을 기록	컨테이너터미널
장치	장치장에 장치시 컨테이너 장치 시점 기록	컨테이너터미널
선적	갠트리 크레인에 의하여 선적시 컨테이너 자동 인식 및 확인, 시점 기록	컨테이너터미널
출항	수출항 출발시 해당 선박의 출항 정보는 선적된 컨테이너에 연계되어 컨테이너의 위치 상태는 '출항'으로 변경됨	터미널 해상

컨테이너 적재 시점부터 수입업체의 창고 반입까지의 컨테이너 위치 추적 정보를 이용하여 컨테이너에 적재된 화물의 위치를 실시간으로 추적하며 RFID 태그를 통해 주요 거점에 대한 트레일러의 위치를 실시간으로 추적한다. 컨테이너 위치 추적을 통해 주요 물류 거점별 컨테이너, 트레일러, 화물에 대한 자산 관리가 가능하다. 태그 등록 및 관리는 공 컨테이너 반출시 RFID 태그 부착 및 컨테이너 번호를 입력하여 화주의 제품 창고에서 화물에 대해 팔레트별로 태그를 붙이고, 제품 적재완료 후 컨테이너에 태그를 부착하고 적재 완료 시점에 관련 정보를 태그에 기록한다(태그에 기록되는 정보는 컨테이너 번호, 트레일러 번호 및 적재 완료 시점).

화물 적재완료시, Gate 통과시, 장치장에 장치시, 선적시, 그리고 해외 항구 입항·하역시, Gate 통과시 시점정보(거점정보+일시)를 RFID 태그에 입력하고, 관련 시스템과 연계되어 등록정보 및 시점정보를 관리함으로써 각 컨테이너별·선적별로 거점 간 이동 시간, 거점별 보관 시간, 수출 물류 전체 리드타임 등에 대한 실측값, 평균, 분산 등을 이용하여 물류수행에 대한 성과를 분석하고 이 결과를 활용하여 개선안 및 발전 방향 수립에 활용한다.

<표 3-2> 서비스 기능 요건 및 대상(컨테이너 추적)

서비스 내용	기능요건	대 상
컨테이너 위치 추적	<ul style="list-style-type: none"> • 컨테이너 등록 및 관리 • RFID 기술을 이용한 거점별 입출 시점 관리 • 웹 인터페이스를 통한 컨테이너 위치 정보 조회·변경 • 수입항 컨테이너 추적 시스템과 연계하여 종단간 (end-to-end) 위치 추적 서비스 제공 	화주, 운송사, 선사, 항만당국, 정부
화물 위치 추적	<ul style="list-style-type: none"> • 화물 등록 및 관리 • 웹 인터페이스를 통한 화물 위치 정보 조회·변경 • 화물 위치 통보 	화주
트레일러 위치 추적	<ul style="list-style-type: none"> • 트레일러 등록 및 관리 • 현재 트레일러의 위치 정보 조회 • 주요 거점 통과 시점 조회 	운송사
자산 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 거점별 컨테이너 위치 정보 조회 • 공 컨테이너 관리 • RFID 기술을 이용한 실시간 재고 실사 	선사
태그 등록 관리	<ul style="list-style-type: none"> • 컨테이너, 팔레트, 트레일러 각각에 부착할 태그 등록 및 등록된 태그 정보 관리 	화주, 항만당국, 정부
물류수행 성과 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 로그 및 통계 조회 <ul style="list-style-type: none"> - 거점 간 이동 시간 - 거점별 보관 시간 - 자산 활용률 (컨테이너, 트레일러, T/C, 갠트리 크레인, 야드 트랙터, 항만 터미널 장치장 등) • 수출 물류 리드타임 비교 분석 	화주, 운송사, 선사, 항만당국, 정부

2) 항만물류시스템 적용 방안 에 따른 효과

(1) 기술적 측면

RFID의 433MHz 능동형 태그의 기술 표준화를 통한 ISO 18000-7 무선규격 표준 제정(FDIS)과 ISO 18185에서 컨테이너 이용의 표준화에 따라 국내 주파수 확보, 국제 표준을 수용한 국내표준 제정 및 산업화의 기술적용에 따른 수출입 물류의 RFID 태그 표준화 기반을 조성함으로써 수출입화물에 대한 전자물류체계의 RFID 표준화 기반을 마련할 수 있다.

ISO 15961에서 HOST와 리더간의 정보교환을 위한 표준 프로토콜 제정에 맞

추어 멀티 프로토콜 표준을 수용한 미들웨어 기술과 응용기술을 적용하여 국제 표준화에 대처하고, 국내 수출입화물 표준화기술의 제시와 더불어 관련응용 S/W 분야 국내업체의 기술표준화를 추구하여 국가발전에 이바지할 수 있을 것이다.

(2) 수출입화물의 이동측면

국내에 산재되어 있는 수출입화물 컨테이너 기지는 일부 기지를 제외하고는 전산화 수준이 미미한 실정이고 항만의 컨테이너터미널에서는 독자적인 시스템을 구축하여 수출입 컨테이너 화물을 관리하고 있어 국내에 유출·입되는 컨테이너 화물에 대한 통합적인 관리가 이루어지지 않고 있다. 또한 영세업체의 전산화 미비와 각 업체마다 독자적인 시스템을 구축하고 있어 현 상황에서는 물류거점간의 통합된 정보체계관리를 위한 인터페이스는 불가능한 상황이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 향후 RFID기술의 표준화 및 확장은 물류 흐름상의 각 거점에서 획득한 정보를 통해 단일화된 전자 물류체계 구축을 가능하게 하여 화물의 흐름을 실시간으로 파악할 수 있게 하고 국가 차원의 효율적인 물류계획 수립 등을 가능하게 할 것으로 기대된다.

(3) 터미널 자동화 측면

Gate 사전정보와 실제 반입되는 컨테이너가 일치하는지 검증이 가능하므로 신뢰성이 확보되며 컨테이너 화물의 손상 확인 및 검사시 해당 컨테이너 확인 작업을 단말기 지원형태의 수작업에서 RFID의 정보로 대체할 수 있어 검사에 소요되는 프로세스의 단축을 가져올 수 있다.

RFID 태그의 경우 크레인 장비가 자동 인식할 수 있어 자동화된 하역장비에 장착되면 야드 자동화시 컨테이너 인식에 활용되어 현재 자동화에 운영되고 있는 카메라 영상인식 시스템을 대체하는 효과가 있고 비용절감을 도모할 수 있다. 컨테이너터미널에서는 갠트리 크레인(G/C), 무인 트랜스퍼 크레인(ATC), 무인 Gate 등에 확산 적용되므로 인력 절감 및 생산성 향상, 궁극적으로는 비용절감 효과를 기대할 수 있다.

(4) 경제 산업적 측면

RFID 기반으로 각 물류거점들을 네트워크화 함으로써 화물트래킹이 가능하고 이는 화물의 이동경로를 알 수 있을 뿐만 아니라, 문제에 대한 예측 및 신속한 대처가 가능하도록 지원하여 화주에게 화물추적을 용이하게 하고 향후 통관 지연방지 등을 기대할 수 있다. 통합된 컨테이너 화물 추적시스템을 통해 화주보세창고에서 수입항의 입·출시점까지 해당 컨테이너의 추적 정보를 실시간으로 제공받아 화물·차량·컨테이너 자산의 추적 업무를 효율화할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 거점별 리드 타임 관리를 통해 분실 및 도난 여부의 조기 확인 및 대응이 가능하고 조기 경보를 통한 분실, 도난 방지의 효과를 누릴 수 있으며 선적 계획 비용의 절감을 도모할 수 있다.

컨테이너터미널에 장치된 컨테이너는 초기 장치위치와 변경된 장치위치를 수동 입력에 의해 시스템에서 인지하게 되어있기 때문에 실제 컨테이너 위치와 시스템 상의 위치가 다를 경우 이를 확인하기가 매우 어렵게 된다. 실제 컨테이너 위치 정보의 불일치가 발생할 경우, 이를 찾기 위해서 시스템 검색과 인력에 의한 장치장의 검색에 많은 시간이 소요되어 전체 작업프로세스의 적체를 가져올 수 있고 이에 따른 터미널의 생산성 저하를 가져올 수 있다. 따라서 RFID 태그를 활용시, 장치장에 산재되어 있는 컨테이너 위치를 쉽게 파악할 수 있으며 실시간으로 재고파악이 가능해지므로 선사의 컨테이너에 대한 효율적인 재고 정책 수립이 가능하다. 또한, 자산관리 및 화물추적을 용이하게 함으로써, 경제적 이익을 얻을 수 있을 것이다.

(5) 법·규제적 측면

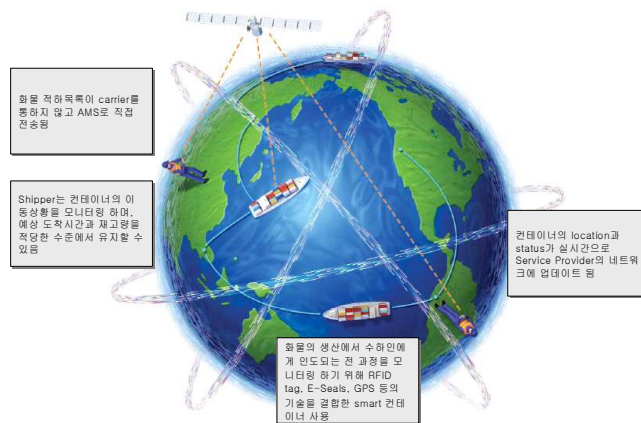
밀수·테러에 적극적인 대처방안으로 국제적 보안 표준 및 조약이 고도화되고 있는 실정이며 특히 미국의 주도로 이루어지고 있는 안전한 글로벌 물류망(Secure Global Logistics Chain) 구축의 핵심인 Smart Container는 국제 공급망의 보안, 물류 효율성 및 가시성을 강화하고 있다.

미국의 안전한 글로벌 물류망 구축은 C-TPAT(Customs-Trade Partnership Against Terrorism), CSI(Container Security Initiatives), SST(Smart and Secure Trade lanes)로 이루어지고 있는데, 컨테이너 RFID 시스템 적용한 C-TPAT Member

는 저위험화물로 분류되어 Green Lane을 통해 수입하므로 통관시간의 단축이 가능하다. 그러나 반대로 RFID를 적용하지 않은 비 C-TPAT Member의 경우는 고위험화물로 분류되어 화물의 전수검사를 실시하므로 통관이 지연될 것이다. 따라서 컨테이너 RFID 시스템 적용에 수반되는 비용은 물류지연에 따른 손해에 비해 미미하다고 볼 수 있다. 또한, 국제규칙과 국제적 요구요건에 부합함으로써 화물의 신뢰성·보안성을 제공하고 이를 통하여 국제 무역경쟁력을 강화시킬 수 있는 요인이 될 것이다.

(6) 국내의 RFID 도입에 따른 비용절감 효과

항만을 통한 화물보안 강화의 관심증대에 따라 아시아태평양 경제공동체(APEC)는 2003년 아태지역 해운화물 강화를 목적으로 공급망 보안시스템 구축을 위한 시범 프로젝트인 STAR-BEST 프로젝트를 추진하였다. 태국 립차방항과 미국 씨애틀항 사이의 수출 프로세스에 적용된 시범 프로젝트는 RFID를 활용한 스마트 컨테이너를 사용하였다. 이 프로젝트는 컨테이너 보안을 기반으로 수출입·통관 프로세스 자동화, 항만 자동화, 컨테이너 위치 추적, 재고 관리 등이 가능하여 비용절감의 효과를 누릴 수 있으며, 투자비용도 서비스 이용료부과로 회수가 가능한 것으로 나타났다. 또한, 기존의 RFID 인프라가 설치된 항만을 이용하는 경우는 추가 비용이 발생하지 않아 향후 급속한 네트워크 효과를 기대할 수 있다는 결론을 얻게 된다.



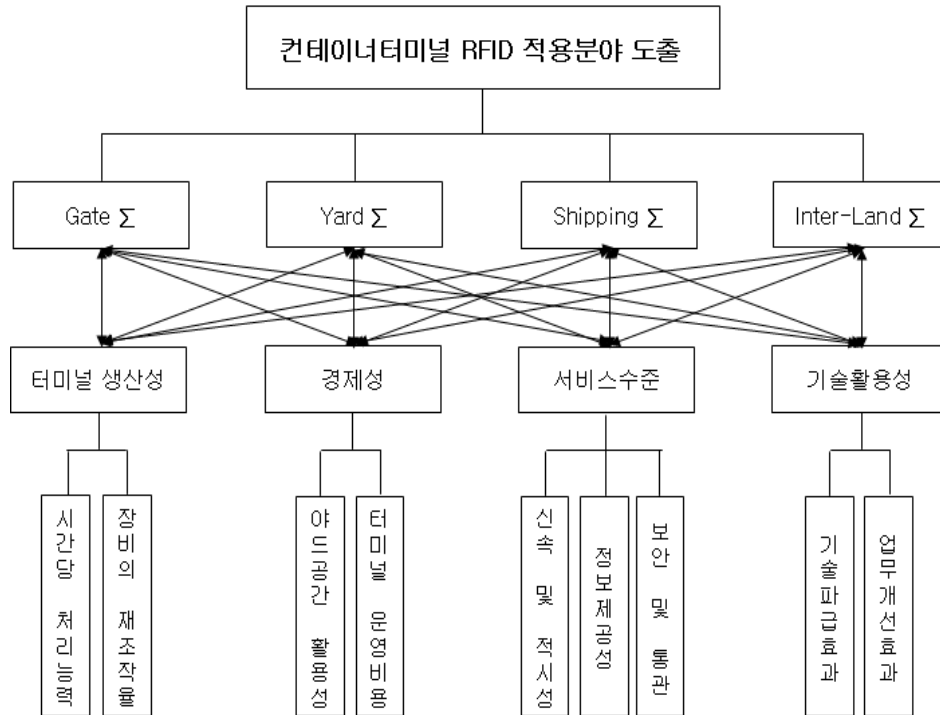
<그림 3-8> STAR-BEST 프로젝트 개념도

제4장 ANP를 통한 RFID 핵심 적용분야 도출

4.1 ANP 모형 및 조사 설계

1) RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 모형

RFID 기술의 컨테이너터미널 적용분야를 도출하기 위해서 평가기준들과 컨테이너터미널 운영시스템들을 계층적으로 분해하고 최근 다목적 의사결정 (Multi- Objectives Decision Making)분야에서 많이 사용되고 있는 ANP(Analytic Network Process) 기법을 사용한다. 본 연구에서 제시한 ANP 모형은 한국개발연구원(2000)의 항만분야 예비타당성 연구에서 제시한 평가기준과 평가항목을 중심으로 컨테이너터미널 운영시스템과 평가기준 간의 네트워크 구조와 평가기준의 세부 평가항목으로 구성되어 있다.



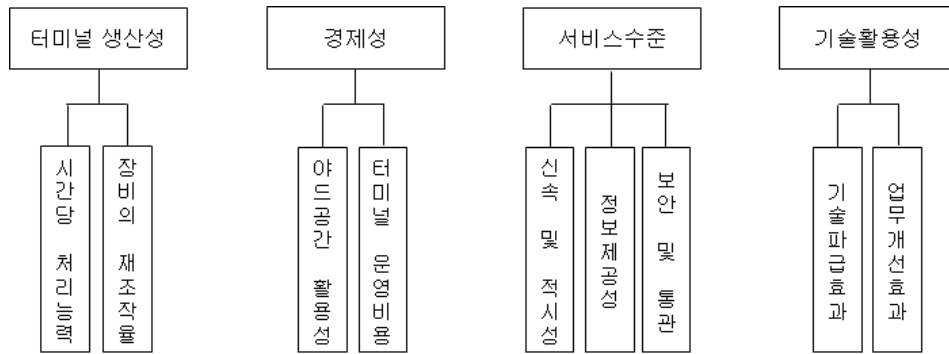
<그림 4-1> RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 모형

2) RFID 기술적용을 위한 평가기준 고찰

본 연구에서는 컨테이너터미널 운영에 있어 RFID 기술을 적용하기 위한 평가기준을 도출하기 위해 실제 RFID 시범사업을 수행하고 있는 컨테이너터미널의 평가기준과 자동화 컨테이너터미널 도입 평가기준 등을 토대로 여러 평가기준들을 살펴보았다. 특히, 한국개발연구원(KDI)의 ‘항만부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(2000.12)’에서 제시하였던 평가항목과 평가기준을 적극 활용하고자 하였다.

우선, 자동화 컨테이너터미널 도입과 관련한 많은 연구들에서 고려하였던 평가기준에는 크게 터미널 생산성(효율성, 효과성 포함), 경제적 타당성, 재무적 타당성, 비용 편익 추정, 서비스수준, 기술활용성 및 적용가능성 등으로 요약될 수 있다. 이 중에서 경제적 타당성, 재무적 타당성, 비용 편익 추정 등은 경제성으로 통일하여 사용(KDI, 2000)되고 있다. 또한, 터미널 생산성은 효율성과 효과성을 포괄하거나 비슷한 의미로 사용되지만, 실제 컨테이너터미널에서 자주 사용되고 있는 용어인 생산성으로 한정하였다. 그 이외에 비정량적인 평가기준으로 보편적으로 사용되고 있는 서비스수준(Service Level, Service Quality), RFID 기술의 터미널 내외부에의 확장 및 표준화와 관련하여 기술활용성을 평가기준에 포함하였다.

구체적으로 터미널생산성 요인에는 시간당 컨테이너 처리능력, 장비별 시간당 처리능력, 선석당 처리능력, 장비의 재조작률 등의 항목이 포함된다. 이 중에서 시간당 컨테이너 처리능력과 장비별 시간당 처리능력, 선석당 처리능력 등은 시간당 처리능력의 의미와 일치한다고 판단하였다. 따라서 본 연구에서의 터미널 생산성 측면에서는 시간당 처리능력과 장비의 재조작률 항목으로 평가하였다. 다음으로 경제성 측면에서는 야드공간 활용성과 터미널 운영비용 두가지 항목으로 측정하였으며, 서비스수준을 평가하기 위해서는 신속 및 적시성, 정보제공성, 보안 및 통관 측면의 세가지 항목으로 나누었다. 마지막으로 기술활용성 측면에서는 기술과급효과와 업무개선효과로 구분하여 측정하였다.



<그림 4-2> 평가기준과 평가항목의 구성

3) 조사 설계 및 분석방법

본 절에서는 설문조사의 정확성을 높이기 위해 RFID 시범사업 평가기준과 자동화컨테이너터미널 등 관련 선행연구 고찰과 업계 전문가 면접조사를 통해 사전 설문항목을 체크하였다. 구체적인 전문가의 표본은 컨테이너터미널에서 10년 이상 종사한 인력으로 한정하였으며, 총 25부를 면접 조사하였다(설문조사기간 2006년 11월 6일 ~ 11월 10일). 이 중에서 응답이 불성실하여 유효하지 못한 설문지 4부를 제외한 21부를 최종 ANP 분석에 이용하였다.

본 연구에서 필요한 자료는 전문가 설문을 통해 수집되었으며, 설문지의 구성은 크게 세 가지로 구별할 수 있는데, 첫째, 컨테이너터미널 운영시스템 측면에서는 RFID 기술적용 가능성을 묻는 쌍대비교 문항으로 구성되었고, 둘째, RFID 적용분야 평가기준간의 쌍대비교 문항으로 구성되었으며, 마지막으로 평가기준 측면의 세부항목과 인구통계적 질문으로 구성되었다. 인구통계적 문항을 제외한 모든 문항은 Saaty(1996)의 연구에서 제시한 척도를 따랐으며, 설문 예제문 <표 4-1>은 터미널 Gate 시스템 측면에서 평가기준별 적용 중요도를 평가한 것이다.

<표 4-1> 터미널 Gate 시스템 측면에서의 평가기준별 적용 중요도

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	경제성
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준

4.2 ANP(Analytic Network Process) 개요 및 이론적 배경

1) AHP와 ANP 개요

의사결정과정에서 있어서, 사람들은 한정된 양의 정보만을 가지고 수행하는 것이 일반적이다. 또한, 수집된 정보에는 다분히 주관적인 요소가 포함되어 있기 때문에 평가하기 곤란한 비가시적인 정보 및 계량화하기 힘든 정보도 상당량 존재한다.

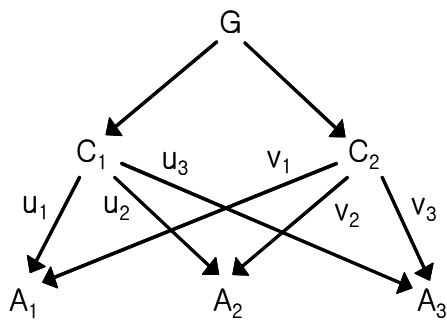
이러한 의사결정과정의 특성을 보완하기 위해, 1970년대에 Saaty는 의사결정 문제를 계층구조로 정리하여 최적대안을 도출하는 의사결정방법인 AHP를 개발하였다(<그림 4-3> 참조). Saaty가 개발한 AHP는 적용방법이 용이하고 계층적 평가구조에 따라 척도산정, 가중치 산정절차가 이론적으로 높히 평가되고 있어 각 분야의 집단적 의사결정 지원시스템으로 현존하는 의사결정기법 중 가장 광범위하게 활용되고 있다. 특히, AHP는 문제의 구조화 및 체계화, 포괄적인 의사결정의 틀 제공, 논리적 일관성 제공, 정보 및 상황의 변화에 따른 민감도 분석 등의 특징과 편리성을 가지고 있어 가장 선호하고 있다. 국내에서는 한국개발연구원(KDI)에서 예비타당성조사의 종합평가 시 다기준분석법으로 AHP기법을 활용한 이후 이에 대한 실증적 연구사례가 점차 늘어나고 있는 실정이다.

그러나 의사결정과정 상의 연관된 요소들이 많고 요소간의 의존관계가 클수록 이를 구조화하여 계층화하기가 쉽지 않으며, 각 계층 및 계층간의 요소들이 독립이라는 가정은 현실 세계에 나타나는 각 요소간의 의존성을 제대로 반영하

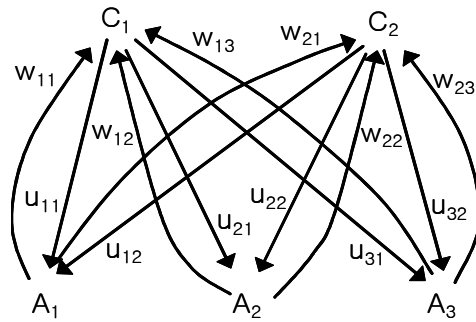
지 못한다는 한계를 갖고 있다.

ANP는 2000년도에 들어서면서부터 본격적으로 연구되기 시작했으며, 국내에는 거의 소개되지 않았다. 이 기법은 의사결정과정상의 각 계층간에, 혹은 같은 계층 안에서의 상호 의존성(Interdependence)이 존재할 경우, 복잡한 의사결정 환경 하에서 현실 세계에 더욱 정확하게 접근하여 최적의 해를 제시한다(Hamalainen et al, 1986).

AHP가 한 방향으로 각 계층간의 종속성을 표현했던 것과는 달리, ANP는 쌍방향의 화살표(Two-way arcs)로써 각 계층이나 혹은 동일 계층 내의 의존성에 대한 표현을 허용하고 있다(<그림 4-4> 참조). 예를 들어, 의사결정과정에서 '대안 1'과 '대안 2'가 상호 인과관계에 있고, '대안 2'와 '대안 3'이 상호 인과관계가 있을 때, 각 대안간에 독립을 가정한 AHP에서는 직관적으로 예상이 되는 '대안 1'과 '대안 3'의 상호 인과관계에 대해 정량적으로 평가하기가 곤란했으나, ANP에서는 네트워크 구조를 통해 이러한 직관을 정량적으로 도출해 낼 수 있다.



<그림 4-3> AHP의 기본구조



<그림 4-4> ANP의 상호평가구조

또한, Markow chain process의 극한확률 개념으로 슈퍼매트릭스를 사용하여 각 요소들의 결합된 중요도를 산출함으로써 상호 의존성을 표현한다(Saaty, 1996). 따라서 ANP에서는 의사결정과정상에 필요한 요소들을 AHP에서 만큼 확실하고 엄격한 계층구조로 세분화하여 나눌 필요가 없다(Mead et al, 1999).

일반적으로 ANP에서 사용되는 용어는 다음과 같이 정의를 하고 있으며, 의미 전달을 명확히 하기 위해 원문을 사용하고자 하였다.

- ① 대행렬 W - 대행렬은 전체 시스템의 최적 관리 및 운영을 위해서 시스템을 구성하는 요소간의 상대적 중요도를 산정하는데 이용되며, 각 구성 요소간의 중요도를 나타내는 소행렬로 구성된다.
- ② Irreducible - 모든 구성요소(네트워크모형에서 각각의 노드)를 네트워크에 표현하였을 때, 구성요소들이 강연결(Strongly Connect)된 상태를 말한다. 여기서 강연결(Strongly Connect)이란 네트워크를 구성하는 방향성이 있는 모든 아크가 최소 하나의 사이클 안에 포함되는 경우를 말한다.
- ③ Reducibility - Irreducible의 반대개념으로 네트워크상에서 각 구성요소가 강연결되어 있지 않은 상태를 말한다.
- ④ Primitive - 초기 대행렬 W 를 무한대로 곱하였을 때, 수렴된 대행렬의 값이 한 가지만 존재하는 경우를 말한다. 즉, 해에 사이클이 없고, 한 개의 해만이 존재하는 경우를 말한다.
- ⑤ Impremitive - 초기 대행렬 W 를 무한대로 곱하였을 때, 해가 순환하여 사이클이 2개 이상 도출되는 경우를 말한다.
- ⑥ Control Hierarchy - 어떤 시스템의 목적에 대해서 일반적인 방법으로 추론되는 우선순위에 대한 기준과 하위기준을 포함하는 계층을 말한다. 즉 AHP에서는 기준(Criteria), 대안(Alternative)과 목표(Goal)를, ANP에서는 기준집합(Cluster), 요소(Element) 그리고 이들의 상위 개념인 통제기준(Control Criteria)을 포괄하여 통제계층(Control Hierarchy)이라 한다.

또한, ANP는 다음의 5단계를 거쳐 진행된다(Mead et al, 2002).

- ① 의사결정 요소들 간의 관계를 표현하는 의사결정 네트워크를 작성한다.
- ② 각 요소들 간의 쌍대비교를 실시한다.
- ③ 각 요소들 간의 상대적 중요도를 산출한다.
- ④ 네트워크상의 모든 요소들을 매트릭스의 행과 열에 배치하여 각 요소의 중요도를 열(Column)벡터로 하는 슈퍼매트릭스를 작성한다. 이때, 매트릭스 내의 각 열벡터들의 합이 1로 되어 확률적 성질을 갖도록 한다(Saaty, 1996).
- ⑤ 슈퍼매트릭스를 무한대로 곱하여 안정화(수렴)된 중요도를 산출한다.

2) ANP의 이론적 고찰

대부분의 의사결정 문제는 구조상의 상위요소와 하위요소 간에 상호작용과 종속성이 존재하기 때문에 단순히 계층적 구조만으로는 설명할 수 없는 경우가 있다. 즉 AHP의 기본구조의 경우 계층적으로 평가항목과 대안간의 독립성이 있다는 가정 하에 사용되고 있으나, 많은 문제들 중에 기준간 또는 대안간에는 상호의존성(Dependence)이 존재하는 경우가 많다. 그리고 구조적 의존성을 갖는 문제를 해결하는 데에는 좀 더 일반적인 방법이 필요한데, 이는 대안간 또는 평가항목 군집 간에 피드백을 허용하는 계층화의 특수한 경우로 네트워크 시스템개념에서 ANP의 기본구조를 T.L.Saaty가 처음으로 제안하였던 것이다.

이러한 ANP는 내·외부 종속관계와 피드백을 갖는 구조를 해결할 수 있는 AHP를 확장한 새로운 방식이며, 이를 해결하는 방법으로 초행렬(Super matrix)을 이용한다. 그리고 피드백을 고려하는 구조는 의사결정시 발생할 수 있는 상호작용의 복잡한 구조를 효과적으로 나타낼 수 있으며, 분석자가 원하는 방법으로 요소간의 군집들을 연결할 수 있는 전반적인 구조를 제공한다. 또한, 해당 구조를 바탕으로 각 군집 간에 미치는 영향을 파악할 수 있는 비례 척도를 이용함으로써 우선순위를 구할 수 있게 된다.

AHP의 평가는 다음 <그림 4-3>에 나타낸 바와 같이 전체목표 G를 평가하기 위하여 평가기준 C1과 C2의 가중치를 계산하고, C1(C2)의 대안 A_j를 평가한 것이 u_j(v_j)를 나타내는 계층구조를 갖고 있다. 그러나 ANP는 이러한 계층구조를 네트워크구조로 확장한 것으로서 각 C_i 밑에 대안 A1, A2, A3의 각 대안이 평가기준 C1, C2를 반대로 평가할 수 있는 계층구조로 볼 수 있다.

즉 ANP에서는 평가기준이 대체안을 평가할 뿐 아니라, 대체안 자신도 평가기준을 상호 평가하는 피드백 구조를 갖고 있다. 이러한 ANP의 상호평가구조를 간단히 식으로 나타내면 다음과 같다. (C1, C2)가 (A1, A2, A3)을 평가하는 평가행렬과 (A1, A2, A3)가 (C1, C2)을 평가하는 평가행렬을 나타내면 식 (1)과 같고 이를 Saaty의 초행렬(Super matrix)으로 나타내면 식 (2)와 같다.

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} \\ u_{21} & u_{22} \\ u_{31} & u_{32} \end{bmatrix} \quad W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 & W \\ U & 0 \end{bmatrix} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & A_1 & A_2 & A_3 \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & w_{11} & w_{12} & w_{13} \\ 0 & 0 & w_{21} & w_{22} & w_{23} \\ u_{11} & u_{12} & 0 & 0 & 0 \\ u_{21} & u_{22} & 0 & 0 & 0 \\ u_{31} & u_{32} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

이는 평가기준과 대체안 전부(C1, C2, A1, A2, A3)를 동등한 대상으로 취급한 경우 예를 들어 나타낸 것이며, 각 대상이 되는 평가치의 합은 1이 되는 것을 기본원칙으로 하고 있다.

$$\sum_{j=1}^3 u_{ij}=1 \quad (j=1, 2) \quad \sum_{j=1}^2 w_{ij}=1 \quad (j=1, 2, 3) \quad (3)$$

그리고 실제 계산은 네트워크의 그래프적 표현을 슈퍼매트릭스(Super matrix)라는 대수적 표현으로 전환하여 수행된다. 슈퍼매트릭스는 2차원 매트릭스로 열은 영향을 미치는 요소를 나타내고, 이를 각 열별로 그 합이 1이 되도록 정규화하여 확률행렬(Stochastic matrix)로 만들면 최초의 슈퍼매트릭스가 완성된다.

이와 같이 ANP는 요소들 상호간 네트워크구조 내에서 영향력의 지배(Dominance of influence) 정도를 측정할 수 있는데, 이러한 구조는 의사결정 문제에 따라 몇 개의 네트워크가 형성될 수도 있으며 이 때 네트워크 형태가 트리(Tree) 구조이므로 ANP의 연산은 네트워크상에 존재하는 각 요소의 지배 정도에 따라 그래프 이론에 의거하여 특성 값에 수렴함을 밝힐 수 있다. 이때 얻어지는 수렴 값은 요소들 간에 존재하였던 종속관계, 요소들 간 상호작용에 의한 상승효과 및 하위 계층의 요소로부터 상위 계층의 요소에 미치는 피드백 효과 등이 모두 작용된 결과로 산출할 수 있다.

4.3 RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 분석

1) 전문가 개인별 ANP 분석 과정

개인별 RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 분석 과정을 전문가 응답자 '전문가I'의 예로 간단히 설명하였다. <그림 4-1>에서 제시한 ANP 모형의 적용분야와 평가기준별로 구분하여 요인 간 쌍대비교 배정 값 Matrix이며, 그 Matrix는 <표 4-2>와 같다. 응답자 개인별 ANP 분석과정 중에서 각 요소 간에 상대적 가중치를 도출하는 과정과 일관성 측정까지는 기존의 AHP 분석과정과 일치한다.

<표 4-2> '전문가I' RFID 터미널 적용분야와 평가기준별 쌍대비교 Matrix

구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Gate Σ 측면	터미널생산성	1.000	5.000	1.000	3.000
	경제성	0.200	1.000	0.333	0.333
	서비스수준	1.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	0.333	3.000	0.333	1.000
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Yard Σ 측면	터미널생산성	1.000	3.000	1.000	3.000
	경제성	0.333	1.000	0.333	1.000
	서비스수준	1.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	0.333	1.000	0.333	1.000
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Shipping Σ 측면	터미널생산성	1.000	5.000	1.000	1.000
	경제성	0.200	1.000	0.333	0.333
	서비스수준	1.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	1.000	3.000	0.333	1.000
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
내륙 Σ 측면	터미널생산성	1.000	3.000	0.333	3.000
	경제성	0.333	1.000	0.333	2.000
	서비스수준	3.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	0.333	0.500	0.333	1.000

① <표 4-2>와 같은 배정값의 행렬에서 각 열(column)에 대한 합계를 구한다.(<표 4-3> 참조).

<표 4-3> 각 열에 대한 합계의 계산

구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Gate 측면	터미널생산성	1.000	5.000	1.000	3.000
	경제성	0.200	1.000	0.333	0.333
	서비스수준	1.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	0.333	3.000	0.333	1.000
	열의 합	2.533	12.000	2.666	7.333
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Yard 측면	터미널생산성	1.000	3.000	1.000	3.000
	경제성	0.333	1.000	0.333	1.000
	서비스수준	1.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	0.333	1.000	0.333	1.000
	열의 합	2.666	8.000	2.666	8.000
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Shipping 측면	터미널생산성	1.000	5.000	1.000	1.000
	경제성	0.200	1.000	0.333	0.333
	서비스수준	1.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	1.000	3.000	0.333	1.000
	열의 합	3.200	12.000	2.666	5.333
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
내륙 측면	터미널생산성	1.000	3.000	0.333	3.000
	경제성	0.333	1.000	0.333	2.000
	서비스수준	3.000	3.000	1.000	3.000
	기술활용성	0.333	0.500	0.333	1.000
	열의 합	4.666	7.500	1.999	9.000

② <표 4-3>의 정방행렬에서 각 요인값들을 열(column)의 합으로 나눈다. 이와 같은 계산의 결과로 얻어지는 행렬을 정규화된 쌍비교행렬(normalized pairwise comparison matrix) 혹은 정규화된 행렬(normalized matrix)이라고 부르며, 그 결과는 <표 4-4>에 제시되어 있다.

<표 4-4> 정규화된 행렬

구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Gate Σ 측면	터미널생산성	0.395	0.417	0.375	0.409
	경제성	0.079	0.083	0.125	0.045
	서비스수준	0.395	0.250	0.375	0.409
	기술활용성	0.132	0.250	0.125	0.136
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Yard Σ 측면	터미널생산성	0.375	0.375	0.375	0.375
	경제성	0.125	0.125	0.125	0.125
	서비스수준	0.375	0.375	0.375	0.375
	기술활용성	0.125	0.125	0.125	0.125
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Shipping Σ 측면	터미널생산성	0.313	0.417	0.375	0.188
	경제성	0.063	0.083	0.125	0.063
	서비스수준	0.313	0.250	0.375	0.563
	기술활용성	0.313	0.250	0.125	0.188
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
내륙 Σ 측면	터미널생산성	0.214	0.400	0.167	0.333
	경제성	0.071	0.133	0.167	0.222
	서비스수준	0.643	0.400	0.500	0.333
	기술활용성	0.071	0.067	0.167	0.111

③ 각 요인들에 대한 중요지수(Priority index) 값을 구하기 위하여 각 행(row)별로 정규화된 비중값(Normalized weight)의 평균을 구한다. 이때 P_i 는 요인 i 의 중요도 지수(Priority index) 값이라고 정의하며, P_i 값들은 모두 더하면 1이 되어야 한다. 여기에서 P_i 는 중요도 벡터(priority vector)라고 한다. <표 4-5>의 결과를 보면, '전문가I'의 경우 Gate 시스템 측면에서는 평가기준 중에서 터미널 생산성을 가장 중요하게 생각하고 있으며, Yard 시스템 측면에서는 터미널 생산성과 서비스수준, Shipping 시스템 측면에서

는 서비스수준, 내륙연계시스템에서도 서비스수준을 가장 중요한 평가기준으로 판단하고 있는 것으로 분석되었다.

<표 4-5> 행의 합과 중요도(Pi) 계산

구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합	중요도
Gate Σ 측면	터미널생산성	0.395	0.417	0.375	0.409	1.595	0.399
	경제성	0.079	0.083	0.125	0.045	0.333	0.083
	서비스수준	0.395	0.250	0.375	0.409	1.429	0.357
	기술활용성	0.132	0.250	0.125	0.136	0.643	0.161
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합	중요도
Yard Σ 측면	터미널생산성	0.375	0.375	0.375	0.375	1.500	0.375
	경제성	0.125	0.125	0.125	0.125	0.500	0.125
	서비스수준	0.375	0.375	0.375	0.375	1.500	0.375
	기술활용성	0.125	0.125	0.125	0.125	0.500	0.125
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합	중요도
Shipping Σ 측면	터미널생산성	0.313	0.417	0.375	0.188	1.292	0.323
	경제성	0.063	0.083	0.125	0.063	0.333	0.083
	서비스수준	0.313	0.250	0.375	0.563	1.500	0.375
	기술활용성	0.313	0.250	0.125	0.188	0.875	0.219
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합	중요도
내륙 Σ 측면	터미널생산성	0.214	0.400	0.167	0.333	1.114	0.279
	경제성	0.071	0.133	0.167	0.222	0.594	0.148
	서비스수준	0.643	0.400	0.500	0.333	1.876	0.469
	기술활용성	0.071	0.067	0.167	0.111	0.416	0.104

④ RFID 적용분야인 터미널 운영시스템별 평가기준의 중요도를 시스템별 중요도 Matrix로 다시 나타내면, <표 4-6>과 같다. 결과적으로 ‘전문가I’은 RFID 적용분야 도출을 위한 평가기준으로 서비스수준 향상을 가장 중요하게 판단하고 있으며, 다음으로 터미널 생산성, 기술활용성, 경제성의 순으로 분석되었다.

<표 4-6> RFID 적용분야별 평가기준의 중요도

구 분	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계 시스템	중요도
터미널생산성	0.399	0.375	0.323	0.279	0.344
경제성	0.083	0.125	0.083	0.148	0.110
서비스수준	0.357	0.375	0.375	0.469	0.394
기술활용성	0.161	0.125	0.219	0.104	0.152

⑤ 이러한 4단계과정을 역으로 평가기준인 터미널 생산성 측면, 경제성 측면, 서비스수준 측면, 기술활용성 측면으로 Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, 내륙연계 시스템을 평가하는 과정을 거치면, 최종적으로 <표 4-7>과 같은 형태의 중요도 Matrix가 구성된다. <표 4-7>에서 나타난 Matrix는 평가기준별 RFID 적용분야 중요도가 된다.

<표 4-7> 평가기준별 RFID 적용분야 중요도

구 분	터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	중요도
Gate 시스템	0.620	0.543	0.398	0.416	0.494
Yard 시스템	0.063	0.067	0.054	0.067	0.063
Shipping 시스템	0.134	0.139	0.137	0.124	0.134
내륙연계시스템	0.183	0.251	0.410	0.392	0.309

⑥ ‘전문가I’의 RFID 적용분야별 평가기준 중요도 평가와 평가기준별 RFID 적용분야 평가에 있어 일관성이 있는가를 조사하기 위하여 일관성 비율(CR)을 계산하였다. 일관성 비율의 계산과정은 다음과 같다.

a. <표 4-4>에 제시된 행렬의 각 열(column)에 대해 그 열에 해당하는 중요도 값을 곱한 후, 모두 더하여 <표 4-8>과 같이 새로운 행렬, 즉 가중치행렬을 구한다.

<표 4-8> RFID 적용분야별 평가기준에 대한 가중치행렬의 계산

구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합
Gate Σ 측면	터미널생산성	0.399	0.416	0.357	0.482	1.654
	경제성	0.080	0.083	0.119	0.054	0.336
	서비스수준	0.399	0.250	0.357	0.482	1.488
	기술활용성	0.133	0.250	0.119	0.161	0.662
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합
Yard Σ 측면	터미널생산성	0.375	0.375	0.375	0.375	1.500
	경제성	0.125	0.125	0.125	0.125	0.500
	서비스수준	0.375	0.375	0.375	0.375	1.500
	기술활용성	0.125	0.125	0.125	0.125	0.500
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합
Shipping Σ 측면	터미널생산성	0.323	0.417	0.375	0.219	1.333
	경제성	0.065	0.083	0.125	0.073	0.346
	서비스수준	0.323	0.250	0.375	0.656	1.604
	기술활용성	0.323	0.250	0.125	0.219	0.917
구분		터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	행의 합
내륙 Σ 측면	터미널생산성	0.279	0.445	0.156	0.312	1.192
	경제성	0.093	0.148	0.156	0.208	0.606
	서비스수준	0.836	0.445	0.469	0.312	2.062
	기술활용성	0.093	0.074	0.156	0.104	0.427

b. <표 4-8>에서 계산된 가중치행렬의 값을 <표 4-5>의 중요도로 나눈 후 다음과 같이 λ_{max} 를 구한다.

$$\lambda_{max}(\text{Gate } \Sigma \text{ 측면}) = (4.147+4.035+4.165+4.121)/4(\text{n:속성 수}) = 4.117$$

$$\lambda_{max}(\text{Yard } \Sigma \text{ 측면}) = (4.000+4.000+4.000+4.000)/4(\text{n:속성 수}) = 4.000$$

$$\lambda_{max}(\text{Shipping } \Sigma \text{ 측면}) = (4.129+4.150+4.278+4.190)/4(\text{n:속성 수}) = 4.187$$

$$\lambda_{max}(\text{내륙연계 } \Sigma \text{ 측면}) = (4.279+4.080+4.396+4.111)/4(\text{n:속성 수}) = 4.217$$

<표 4-9> RFID 적용분야별 평가기준에 대한 λmax의 계산

구분		가중치 행렬 행의 합(A)	중요도(B)	(C) = (A)/(B)
Gate Σ 측면	터미널생산성	1.654	0.399	4.147
	경제성	0.336	0.083	4.035
	서비스수준	1.488	0.357	4.165
	기술활용성	0.662	0.161	4.121
구분		가중치 행렬 행의 합(A)	중요도(B)	(C) = (A)/(B)
Yard Σ 측면	터미널생산성	1.500	0.375	4.000
	경제성	0.500	0.125	4.000
	서비스수준	1.500	0.375	4.000
	기술활용성	0.500	0.125	4.000
구분		가중치 행렬 행의 합(A)	중요도(B)	(C) = (A)/(B)
Shipping Σ 측면	터미널생산성	1.333	0.323	4.129
	경제성	0.346	0.083	4.150
	서비스수준	1.604	0.375	4.278
	기술활용성	0.917	0.219	4.190
구분		가중치 행렬 행의 합(A)	중요도(B)	(C) = (A)/(B)
내륙 Σ 측면	터미널생산성	1.192	0.279	4.279
	경제성	0.606	0.148	4.080
	서비스수준	2.062	0.469	4.396
	기술활용성	0.427	0.104	4.111

c. 일관성지수(CI)를 계산한다.

$$CI(\text{Gate } \Sigma \text{ 측면}) = (4.117-4)/3(n-1:\text{속성 수}-1) = 0.039$$

$$CI(\text{Yard } \Sigma \text{ 측면}) = (4.000-4)/3(n-1:\text{속성 수}-1) = 0.000$$

$$CI(\text{Shipping } \Sigma \text{ 측면}) = (4.187-4)/3(n-1:\text{속성 수}-1) = 0.062$$

$$CI(\text{내륙연계 } \Sigma \text{ 측면}) = (4.217-4)/3(n-1:\text{속성 수}-1) = 0.072$$

d. 일관성비율(CR)을 계산한다.

$$CR(\text{Gate } \Sigma \text{ 측면}) = CI/RI = 0.039/0.90 = 0.043(\text{<표 4-10> RI 값 참조})$$

$$CR(\text{Yard } \Sigma \text{ 측면}) = CI/RI = 0.000/0.90 = 0.000$$

$$CR(\text{Shipping } \Sigma \text{ 측면}) = CI/RI = 0.062/0.90 = 0.069$$

$$CR(\text{내륙연계 } \Sigma \text{ 측면}) = CI/RI = 0.072/0.90 = 0.080$$

<표 4-10> RI(Random Index)값

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Saaty et al.(1985)은 일관성 비율이 0.1 미만이면 합리적인 일관성을 갖는 것으로 판단하고, 0.2 이내일 경우 용납할 수 있으나, 그 이상이면 일관성이 부족한 것으로 재조사가 필요하다고 제안하고 있다. ‘전문가I’의 RFID 적용분야별 평가기준에 대한 일관성 비율 분석 결과는 0.043, 0.000, 0.069, 0.080으로 모두 0.1 이내의 값을 나타내고 있으므로, 일관성에 대해 용납할 수 있는 수준인 것으로 분석되었다. 위와 같은 계산 방식을 이용하여 ‘전문가I’의 평가기준별 RFID 적용분야에 대한 일관성 비율을 계산하였다(<표 4-11> 참조).

<표 4-11> ‘전문가I’의 일관성 비율(CR) 분석 결과

구 분	RFID 적용분야별 평가기준 측면				평가기준별 RFID 적용분야 측면			
	생산성	경제성	서비스	기술활용	Gate	Yard	Shipping	내륙연계
전문가1	0.043	0.000	0.069	0.080	0.050	0.059	0.062	0.049

2) 전문가 개인별 일관성 비율(CR) 분석

모든 전문가에 대한 응답결과의 일관성을 검증하기 위해 앞서 ‘전문가I’의 CR 계산 과정을 이용하여 전문가 개인별 CR을 계산한 결과는 <표 4-12>와 같다. 구분된 8 가지 속성 중 한 부분이라도 0.2이상의 일관성 비율을 나타내면 응답의 일관성이 결여된다고 판단하여, ANP 분석에서 제외시켰다. 총 21명의 전문가 중 5명이 제외된 16명이 RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 분석에 사용되었다.

<표 4-12> 전문가 개인별 일관성 비율(CR) 분석 결과

구 분	RFID 적용분야별 평가기준 측면				평가기준별 RFID 적용분야 측면			
	Gate	Yard	Shipping	내륙연계	생산성	경제성	서비스	기술활용
전문가1	0.043	0.000	0.069	0.080	0.050	0.059	0.062	0.049
전문가2	0.070	0.106	0.027	0.043	0.000	0.009	0.097	0.012
전문가3	0.099	0.068	0.062	0.066	0.017	0.082	0.078	0.092
전문가4	0.020	0.091	0.075	0.069	0.093	0.077	0.069	0.044
전문가5	0.109	0.039	0.092	0.091	0.052	0.091	0.078	0.085
전문가6	0.047	0.033	0.082	0.079	0.054	0.011	0.008	0.081
전문가7	0.049	0.062	0.057	0.064	0.017	0.011	0.030	0.008
전문가8	0.072	0.083	0.104	0.045	0.027	0.059	0.058	0.052
전문가9	0.049	0.083	0.057	0.073	0.083	0.084	0.078	0.085
전문가10	0.081	0.099	0.023	0.081	0.058	0.059	0.059	0.081
전문가11	0.074	0.095	0.084	0.090	0.085	0.071	0.069	0.101
전문가12	0.083	0.005	0.082	0.005	0.076	0.100	0.045	0.096
전문가13	0.095	0.202	0.156	0.218	0.000	0.000	0.000	0.000
전문가14	0.276	0.379	0.379	0.379	0.387	0.272	0.192	0.307
전문가15	0.508	0.766	0.095	0.251	0.573	0.564	0.360	0.352
전문가16	0.376	0.294	0.347	0.233	0.327	0.358	0.356	0.120
전문가17	0.049	0.053	0.088	0.034	0.016	0.068	0.008	0.046
전문가18	0.000	0.080	0.000	0.000	0.005	0.000	0.083	0.000
전문가19	0.028	0.097	0.092	0.075	0.017	0.023	0.080	0.083
전문가20	0.093	0.097	0.086	0.090	0.032	0.061	0.062	0.024
전문가21	0.042	0.073	0.092	0.049	0.098	0.276	0.255	0.293

3) RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 분석

(1) ANP 모형에서의 소행렬(Submatrix) 생성

앞서 AHP와 ANP의 개요, ANP의 이론적 고찰에서 설명한 바와 같이 ANP 분석을 위한 대행렬(Supermatrix)은 각각의 소행렬의 중요도에 의해 구성된다. 그 세부적인 차례는 아래와 같이 설명된다.

첫째, RFID 적용분야인 Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, 내륙연계 시스템별 평가기준에 대한 중요도를 구해야 한다. 이는 전문가 개인별 중요도 산출과정에서 언급한 바와 같이 계산할 수 있다. <표 4-13>은 RFID를 컨테이너터미널에 적용함에 있어 적용분야 중 Gate 시스템 한 가지만을 고려했을

때 그것에 영향을 미치는 평가기준의 중요도를 보여 주고 있으며, 터미널 생산성이 52.4%, 경제성이 20.0%, 서비스수준이 18.4%, 기술활용성이 9.2%의 중요도를 갖는 순으로 나타났다.

<표 4-13> RFID 적용분야 중 Gate 시스템 측면의 평가기준 중요도

Gate 시스템	터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	중요도
터미널생산성	1.000	3.898	3.240	3.786	0.524
경제성	0.257	1.000	1.652	2.306	0.200
서비스수준	0.309	0.605	1.000	3.122	0.184
기술활용성	0.264	0.434	0.320	1.000	0.092

마찬가지로 <표 4-14>는 Yard 시스템, <표 4-15>는 Shipping 시스템, <표 4-16>은 내륙연계 시스템만을 고려했을 때의 평가기준 중요도를 보여주고 있다.

<표 4-14> RFID 적용분야 중 Yard 시스템 측면의 평가기준 중요도

Yard 시스템	터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	중요도
터미널생산성	1.000	4.575	3.638	3.971	0.556
경제성	0.219	1.000	1.591	2.072	0.183
서비스수준	0.275	0.628	1.000	2.471	0.165
기술활용성	0.252	0.483	0.405	1.000	0.096

<표 4-15> RFID 적용분야 중 Shipping 시스템 측면의 평가기준 중요도

Shipping 시스템	터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	중요도
터미널생산성	1.000	4.780	4.582	4.259	0.588
경제성	0.209	1.000	1.466	1.693	0.162
서비스수준	0.218	0.682	1.000	2.260	0.152
기술활용성	0.235	0.591	0.442	1.000	0.098

<표 4-16> RFID 적용분야 중 내륙연계 시스템 측면의 평가기준 중요도

내륙연계 시스템	터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성	중요도
터미널생산성	1.000	3.992	2.527	2.942	0.498
경제성	0.251	1.000	0.991	1.355	0.163
서비스수준	0.396	1.009	1.000	2.396	0.216
기술활용성	0.340	0.738	0.417	1.000	0.124

<표 4-17>은 앞서 <표 4-13>에서 <표 4-16>까지 도출된 RFID 적용분야별 평가기준 중요도의 소행렬이 생성되게 된다. <표 4-17>에 나타난 바와 같이, 컨테이너터미널의 운영분야별로 RFID를 적용시키기 위해서는 터미널 생산성, 경제성, 서비스수준, 기술활용성의 평가기준 순으로 중요도를 갖는 것으로 분석되었다.

<표 4-17> RFID 적용분야별 평가기준의 중요도

구 분	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계시스템
터미널생산성	0.524	0.556	0.588	0.498
경제성	0.200	0.183	0.162	0.163
서비스수준	0.184	0.165	0.152	0.216
기술활용성	0.092	0.096	0.098	0.124
합 계	1.000	1.000	1.000	1.000

두 번째, RFID 적용분야별 평가기준 중요도 소행렬을 생성한 것과 마찬가지로 평가기준별로 RFID 적용분야의 중요도를 산출해야 한다. 이는 <표 4-18>과 같이 평가기준 중에서 터미널 생산성 한 가지만을 고려했을 경우의 RFID 적용분야의 중요도를 보여주고 있으며, Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, 내륙연계 시스템 순으로 중요도를 갖고 있는 것으로 나타났다.

<표 4-18> 평가기준 중 터미널 생산성 측면의 RFID 적용분야별 중요도

터미널 생산성 측면	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계 시스템	중요도
Gate 시스템	1.000	3.304	3.730	2.833	0.501
Yard 시스템	0.303	1.000	1.878	2.303	0.219
Shipping 시스템	0.268	0.533	1.000	2.675	0.172
내륙연계시스템	0.353	0.434	0.374	1.000	0.108

마찬가지로 <표 4-19>는 경제성 측면, <표 4-20>은 서비스수준 측면, <표 4-21>은 기술활용성 측면만을 고려했을 때의 평가기준 중요도를 보여주고 있다.

<표 4-19> 평가기준 중 경제성 측면의 RFID 적용분야별 중요도

경제성 측면	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계 시스템	중요도
Gate 시스템	1.000	3.085	2.878	3.307	0.489
Yard 시스템	0.324	1.000	1.922	2.280	0.233
Shipping 시스템	0.348	0.520	1.000	2.118	0.170
내륙연계시스템	0.302	0.439	0.472	1.000	0.108

<표 4-20> 평가기준 중 서비스수준 측면의 RFID 적용분야별 중요도

서비스수준 측면	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계 시스템	중요도
Gate 시스템	1.000	3.315	3.044	2.068	0.459
Yard 시스템	0.302	1.000	2.037	1.966	0.226
Shipping 시스템	0.328	0.491	1.000	2.628	0.186
내륙연계시스템	0.484	0.509	0.381	1.000	0.128

<표 4-21> 평가기준 중 기술활용성 측면의 RFID 적용분야별 중요도

기술활용성 측면	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계 시스템	중요도
Gate 시스템	1.000	3.721	3.908	3.356	0.527
Yard 시스템	0.269	1.000	2.438	2.023	0.219
Shipping 시스템	0.256	0.410	1.000	2.002	0.145
내륙연계시스템	0.298	0.494	0.499	1.000	0.109

<표 4-22>는 RFID 적용분야별 평가기준 중요도의 소행렬과 마찬가지로 <표 4-18>에서 <표 4-21>까지 도출된 중요도를 바탕으로 평가기준별 RFID 적용분야의 중요도 소행렬을 도출한 결과이다. 평가기준별로 RFID 적용분야를 도출한 결과, Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, 내륙연계 시스템 순으로 평가한 것으로 나타났다.

<표 4-22> RFID 적용분야별 평가기준의 중요도

구 분	터미널생산성	경제성	서비스수준	기술활용성
Gate 시스템	0.501	0.489	0.459	0.527
Yard 시스템	0.219	0.233	0.226	0.219
Shipping 시스템	0.172	0.170	0.186	0.145
내륙연계시스템	0.108	0.108	0.128	0.109
합 계	1.000	1.000	1.000	1.000

(2) ANP 모형 초기 대행렬(Supermatrix) 구성 및 수립된 대행렬 생성

본 연구에서는 RFID 적용분야 및 평가기준간의 상관관계보다는 각 시스템과 평가기준간의 관계를 중요하게 고려하였다. 따라서 RFID 적용분야와 평가기준간에는 상관관계를 고려하였고, RFID 적용분야 및 평가기준 내부의 상관관계는 없다고 가정하였다. 이러한 가정 하에 <표 4-17>과 <표4-22>에서 구해진 소행렬(Submatrix)을 바탕으로 8×8 초기대행렬(W)을 만들었다. 8×8 초기대행렬(W)은 <표 4-23>과 같다.

<표 4-23> 8×8 초기대행렬(W)

대행렬	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계 시스템	터미널 생산성	경제성	서비스 수준	기술 활용성
Gate 시스템	0.000	0.000	0.000	0.000	0.501	0.489	0.459	0.527
Yard 시스템	0.000	0.000	0.000	0.000	0.219	0.233	0.226	0.219
Shipping 시스템	0.000	0.000	0.000	0.000	0.172	0.170	0.186	0.145
내륙연계 시스템	0.000	0.000	0.000	0.000	0.108	0.108	0.128	0.109
터미널 생산성	0.524	0.556	0.588	0.498	0.000	0.000	0.000	0.000
경제성	0.200	0.183	0.162	0.163	0.000	0.000	0.000	0.000
서비스 수준	0.184	0.165	0.152	0.216	0.000	0.000	0.000	0.000
기술 활용성	0.092	0.096	0.098	0.124	0.000	0.000	0.000	0.000

<표 4-23>의 8×8 초기대행렬(W)에 대한 영행렬을 계속적으로 반복해서 k번 곱하게 되면 일정하게 수렴하게 되며, 이 때 수렴된 행렬은 일정한 값을 갖게 되는데 이 값이 각 분야 및 기준별 상대적 가중치가 된다. 본 연구에서는 초기대행렬을 4회 이상 반복해서 곱하면 수렴된 값을 가지는 행렬이 생성되는데, 이것을 표준화한 결과가 <표 4-24>이다. 또한, 이렇게 표준화한 결과는 각 분야별 및 평가기준별 중요도를 나타내며, 이 결과를 살펴보면 RFID 적용분야로는 Gate 시스템이 49.4%, Yard 시스템이 22.3%, Shipping 시스템이 17.2%, 내륙연계 시스템이 11.2%의 순으로 중요도가 높았다. 또한, RFID 적용분야를 평가하기 위한 기준에 있어서는 터미널 생산성이 53.9%, 경제성이 18.6%, 서비스수준이 17.8%, 기술활용성이 9.7% 순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다.

<표 4-24> 수렴된 대항렬(W4)

수렴된 대항렬	Gate 시스템	Yard 시스템	Shipping 시스템	내륙연계 시스템	터미널 생산성	경제성	서비스 수준	기술 활용성
Gate 시스템	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494	0.494
Yard 시스템	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223	0.223
Shipping 시스템	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172
내륙연계 시스템	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112	0.112
소 계	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
터미널 생산성	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539	0.539
경제성	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186	0.186
서비스 수준	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178	0.178
기술 활용성	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
소 계	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

(3) 세부평가항목에 대한 세부적인 중요도 결정

RFID 적용분야를 도출하기 위한 평가기준에서 터미널 생산성의 세부평가항목인 시간당 처리능력과 장비의 제조작률, 경제성의 세부평가항목인 야드공간 활용성과 터미널 운영비용, 서비스수준의 신속 및 적시성, 정보제공성, 보안 및 통관, 기술활용성의 세부평가항목인 기술과급효과와 업무개선효과를 각각 구분하여 분석하였다. 분석한 결과는 <표 4-25>와 같다.

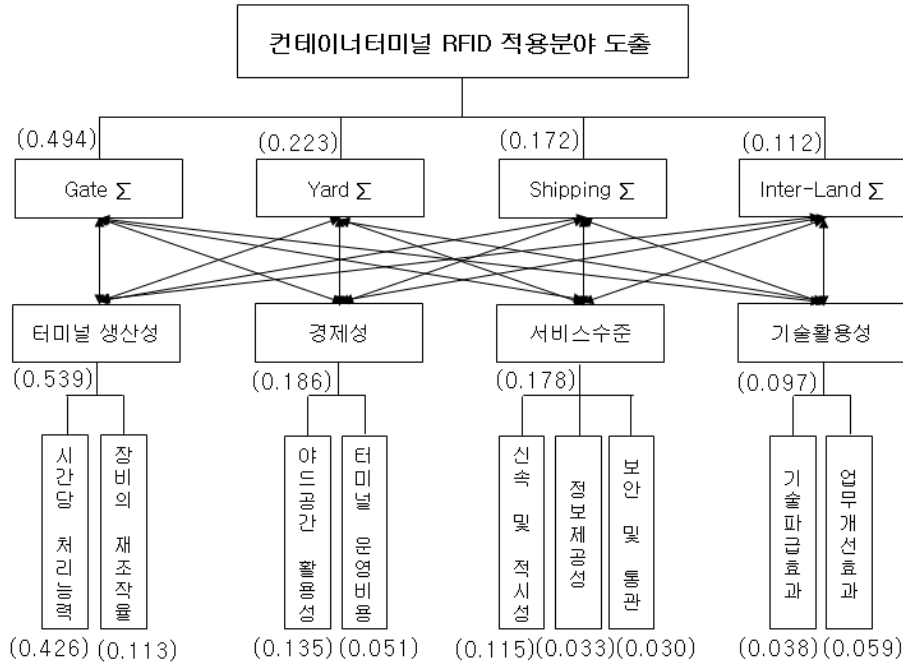
<표 4-25> 평가기준의 세부평가항목 중요도

터미널생산성		경제성		서비스수준		기술활용성	
세부항목	중요도	세부항목	중요도	세부항목	중요도	세부항목	중요도
처리능력	0.791	공간활용	0.727	신속·적시	0.648	기술과급	0.392
제조작률	0.209	운영비용	0.273	정보제공	0.184	업무개선	0.608
				보안·안전	0.167		
계	1.000	계	1.000	계	1.000	계	1.000

(4) ANP 모형에 대한 분석결과

ANP 분석의 3단계 과정을 거치면서 RFID 적용분야를 도출할 때 중요하게 고려해야 할 평가기준과 세부 평가항목별 중요도를 도식화하여 나타낸 것이 <그림 4-5>이다.

평가기준 중요도에서는 컨테이너터미널에서 운영시스템이나 장비를 추가적으로 투입하는 데 가장 중요하게 고려되는 항목인 생산성이, 생산성의 세부항목 중에서는 시간당 처리능력 항목이 가장 중요하게 나타났다. 이러한 결과는 미국 주도하에 RFID와 e-Seal이 세계적인 추세라고 하더라도 시간당 생산성과 장치장 공간활용성, 장비의 제조작률 등의 제고가 우선되어야 함을 시사한다. 또한, 이상의 결과는 여러 가지로 해석이 가능한데, 현재 RFID 시범사업을 수행하고 있는 상황에서 RFID 시범 사업 분야가 터미널 Gate를 기준으로 설정되고 관리되기 때문에 Gate 시스템이 가장 중요도가 높은 적용분야로 도출되었다고 볼 수 있다. 또한, RFID를 통해 사전에 컨테이너 정보가 전달됨에 따라 장치장에서 선적이나 반출을 위해 추가적으로 발생하던 제조작률(Rehandling Ratio) 등이 실제 감소함에 따라 Yard 시스템의 중요도가 또한 높게 나타났다고 판단된다.



<그림 4-5> RFID 적용분야 도출을 위한 평가기준 및 항목의 중요도

이상의 결과들은 5장의 시뮬레이션 설계 및 구현에서 보다 자세하게 분석할 계획이며, 본 장에서는 전문가들을 대상으로 여러 가지 평가기준을 바탕으로 RFID의 적용분야를 도출하는 데 한정하기로 한다.

4) 전문가의 업무분야별 RFID 적용분야 도출

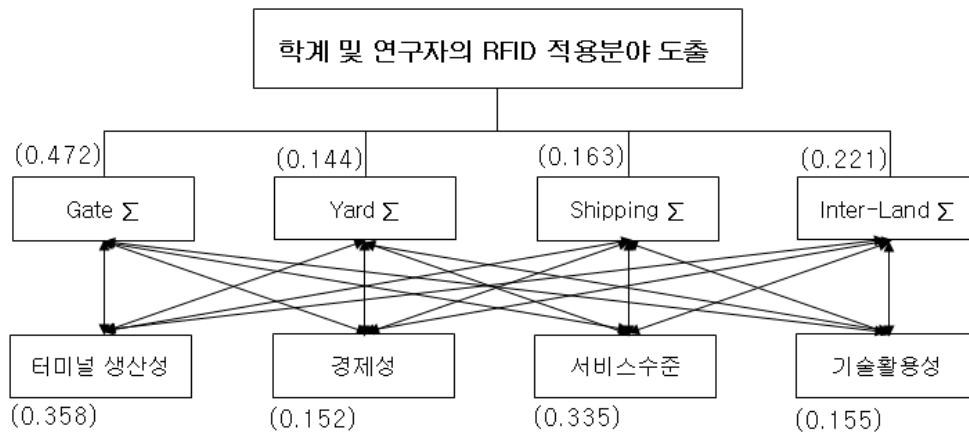
전문가의 업무분야에 따라 RFID 적용분야를 상이하게 평가할 수 있으며, 그에 따라 평가기준의 중요도에도 영향을 미칠 수가 있다. 따라서 전문가의 업무분야를 구분하여 ANP 분석을 실시하였다.

(1) 항만물류분야 학계 및 연구 전문가의 ANP 분석

일관성 검증을 통과한 총 16부의 전문가 설문지 중에서 항만물류 학계 및 연구분야의 전문가 설문지는 5부이다. 5부의 항만물류 학계 전문가 설문지를 바탕으로 컨테이너터미널의 RFID 적용분야 도출을 위한 ANP 분석은 앞 절에서 다

루었던 내용과 일치한다. 최종적으로 초기 대행렬을 5회 반복해서 곱하면 수렴된 값을 가지는 행렬이 생성되는데, 이것을 표준화하여 도식화해서 간략히 표현한 결과는 <그림 4-6>과 같다.

ANP를 통한 각 분야별 및 평가기준별 중요도 분석결과, RFID 적용분야를 도출함에 있어서 Gate 시스템이 47.2%, 내륙연계 시스템이 22.1%, Shipping 시스템이 16.3%, Yard 시스템이 14.4%의 순으로 중요도가 높았다. 또한, RFID 적용분야를 평가하기 위한 기준에 있어서는 터미널 생산성이 35.8%, 서비스수준이 33.5%, 기술활용성이 15.5%, 경제성이 15.2% 순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다.

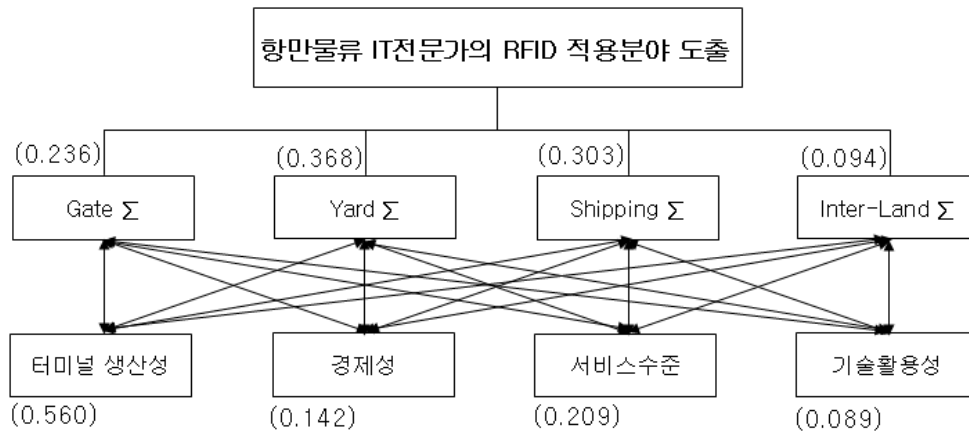


<그림 4-6> 항만물류 학계 및 연구분야의 ANP 분석결과(수렴된 대행렬:W5)

(2) 항만물류 IT 전문가의 ANP 분석

항만물류 IT 업계 전문가 설문지(5부)를 바탕으로 ANP 분석을 수행한 결과는 <그림 4-7>과 같으며, 초기 대행렬을 4회 반복해서 얻은 결과를 도식화한 것이다. 항만물류 연구분야 전문가의 분석결과와는 상이한 결과가 도출되었는데, 컨테이너터미널에서 RFID 적용가능성이 가장 높은 분야는 Yard 시스템으로 36.8%로 나타났다. 다음은 Shipping 시스템으로 30.3%, Gate 시스템은 23.6%, 내륙연계 시스템은 9.4% 순으로 중요도가 나타났다. 또한, RFID 적용분야를 평가하기 위한 기준에 있어서는 터미널 생산성이 56.0%, 서비스수준이

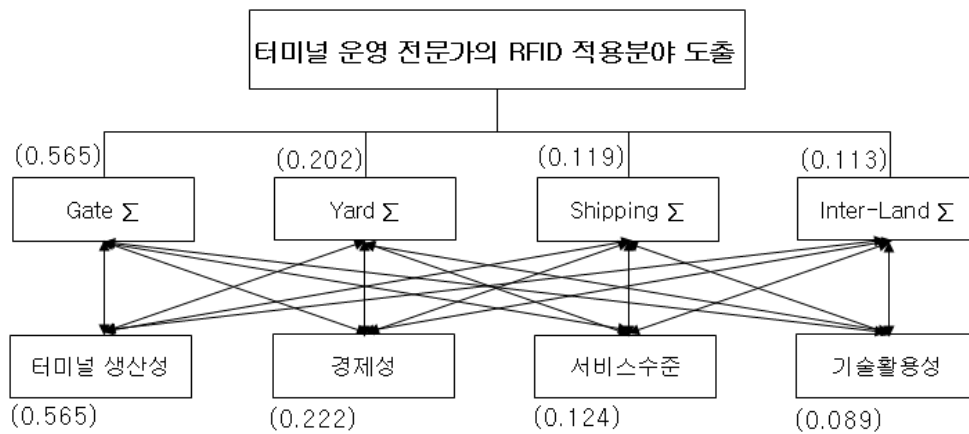
20.9%, 경제성이 14.2%, 기술활용성이 8.9% 순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다. 이상의 결과는 항만물류 연구분야 전문가와 IT분야 전문가의 RFID 적용분야와 평가기준에 대한 인식차이가 존재함을 의미한다. 따라서 단순히 ANP 분석을 통해서 RFID 적용분야를 도출하는 것은 한계점이 있기 때문에 본 연구에서와 마찬가지로 시뮬레이션 부분까지 확대해서 해석하는 것이 보다 현실적일 것이다.



<그림 4-7> 항만물류 IT분야의 ANP 분석결과(수렴된 대행렬:W4)

(3) 터미널 운영분야 전문가의 ANP 분석

컨테이너터미널 운영분야 전문가의 설문지(6부)를 바탕으로 ANP 분석을 수행한 결과는 <그림 4-8>과 같으며, 초기 대행렬을 5회 반복해서 얻은 결과를 도식화한 것이다. 컨테이너터미널 운영분야 전문가의 분석결과는 RFID 적용분야에서는 학계 전문가와 유사한 결과를 보였으며, 평가기준의 중요도에서는 IT분야 전문가와 유사한 결과를 보이고 있다. 우선, 컨테이너터미널에서 RFID 적용가능성이 가장 높은 분야는 Gate 시스템으로 56.5%로 나타났으며, 다음은 Yard 시스템으로 20.2%, Shipping 시스템은 11.9%, 내륙연계 시스템은 11.3% 순으로 나타났다. 또한, RFID 적용분야를 평가하기 위한 기준에 있어서는 터미널 생산성이 56.5%, 경제성이 22.2%, 서비스수준이 12.4%, 기술활용성이 8.9% 순으로 중요도를 갖는 것으로 나타났다.



<그림 4-8> 터미널 운영분야 전문가의 ANP 분석결과(수렴된 대행렬:W5)

(4) 전문가의 업무분야별 ANP 분석결과 비교

전문가의 업무분야별로 RFID 적용분야 및 평가기준에 대한 ANP 분석결과를 요약 정리한 <표 4-26>를 살펴보면 몇 가지 특징을 가진다. 우선, RFID 적용분야에서 항만물류 연구분야 전문가들과 터미널 운영분야 전문가들은 컨테이너 정보의 발착점 역할을 담당하는 Gate 시스템이 가장 중요하다고 평가하고 있다. 반면, IT분야 전문가들은 Yard 시스템과 안벽 시스템이 가장 중요하다고 평가하고 있는데, 이는 새로운 시스템 적용단계에서 가시적으로 표현되는 생산성 위주의 프로그램 개발 및 적용을 고려하기 때문으로 판단된다. 다음으로 평가기준 측면에서 IT분야 전문가들과 터미널 운영분야 전문가들은 터미널 생산성을 압도적으로 중요하다고 평가하고 있는 반면, 항만물류연구분야 전문가들은 터미널 생산성과 서비스수준 등을 동시에 중요하게 평가하고 있다. 이는 RFID 적용분야를 결정하는 요인으로 실무자들은 터미널 생산성이 중요하다고 판단하고 있는 반면, 연구분야 전문가들은 항만물류의 전체적인 측면에서의 접근이 무엇보다 중요하다고 판단하고 있는 것이다. 따라서 본 장에서 제시한 ANP 분석을 통한 컨테이너터미널 RFID 적용분야를 도출하는 것은 한계점이 있기 때문에 다음 장에서 시행할 시뮬레이션 결과와 함께 해석하는 것이 보다 현실적인 연구결과가 될 것이다.

<표 4-26> 전문가의 업무분야별 ANP 분석결과 비교

구 분	항만물류 연구분야 전문가	항만물류 IT분야 전문가	터미널 운영분야 전문가
Gate 시스템	0.472	0.236	0.565
Yard 시스템	0.144	0.368	0.202
Shipping 시스템	0.163	0.303	0.119
내륙연계 시스템	0.221	0.094	0.113
소 계	1.000	1.000	1.000
터미널 생산성	0.358	0.560	0.565
경제성	0.152	0.142	0.222
서비스 수준	0.335	0.209	0.124
기술활용성	0.155	0.089	0.089
소 계	1.000	1.000	1.000

제5장 RFID 적용을 위한 시뮬레이션 설계 및 구현

5.1 시뮬레이션 수행 목적

앞서 본 연구의 목적에서 밝힌 바와 같이, 본 연구에서는 기존의 컨테이너 터미널 운영시스템에서 RFID 기술을 적용했을 때 나타날 수 있는 정량적인 효과 분석을 Gate, Yard, Shipping 분야로 나누어 측정하고자 하는 것이다. 즉, RFID를 통해 전달되는 컨테이너 정보의 사전 전송시간에 따라 컨테이너 터미널 각 분야별로 어떠한 효과가 발생하는지 파악하는 것이다.

이를 위해 기존 RFID 관련 선행연구들에서 제시하지 못했던 정량적 효과 분석 측정을 위해 해양수산부 RFID 시범사업에서 생성되었던 컨테이너 데이터와 일반 컨테이너 터미널에서 생성되는 데이터를 수집하였다. 또한, 실제 컨테이너 터미널 운영업체(스페인 TCV, 일본 OHI 터미널, 신항 1단계 터미널, 광양 3-2 단계 터미널 등)에서 활용하고 있는 시뮬레이터(CTMA-AS, 안벽·야드·Gate 능력분석; CTMI-AI, 장비능력분석; SIM Result, 시뮬레이션결과 심층 및 비교 분석)를 활용하여 시뮬레이션을 수행함으로써 분석의 객관성을 부여하고자 하였다.

일반적으로 컨테이너 터미널 최적설계 및 운영개선을 위한 시뮬레이션 시스템은 크게 시뮬레이션의 기본 입력자료 생성을 위한 정의(Definition)모듈, 시뮬레이션 로직(Logic)모듈 그리고 시뮬레이션 결과 애니메이션을 위한 출력모듈로 나눌 수 있다. 또한, 시뮬레이션의 기본 입력자료 생성을 위한 정의 모듈은 터미널에 따라 가변적인 터미널 특성 및 장비 특성 등을 손쉽게 모형에 반영하기 위한 모듈로서 컨테이너 터미널 설계 디자인(Container Terminal Layout Design), 선박 발생기(Vessel Generator), 트럭 발생기(Truck Generator), 운영전략(Operation Strategy), 파라미터 예측(Parameter Forecasting), 하역장비설정(Handling Model Define) 등으로 구성된다. 하지만, 본 연구에서는 실제 컨테이너 터미널 운영업체들이 사용하고 있는 시뮬레이션을 활용하여 정량적인 효과 분석을 제시하는 것이 목적이기 때문에 시뮬레이션 개발에 필요한 시뮬레이션 시스템 구성, 시뮬레이션 모듈이나 로직, 클래스 및 객체 정의 등은 <부록 II>에 소개하고자 한다.

5.2 시뮬레이션 모형 구축

1) 대상 터미널 선정 이유 및 일반현황

(1) 대상 터미널 선정 이유

앞서 연구의 목적과 시뮬레이션 수행 목적에서도 밝힌 바와 같이 RFID 기술을 컨테이너터미널에 시범적으로 운영하고 있는 사례는 한진해운 감천터미널과 한진해운 감만터미널이 있다. 이 중에서 한진해운 감만터미널은 부산국제컨테이너터미널(Busan International Container Terminal, BICT)로 통합됨에 따라 터미널 운영시스템이 변경되어 기존의 RFID 시범사업에서 생성되는 데이터를 활용하기 어렵게 되었다. 따라서 본 연구의 시뮬레이션에서 필요한 모든 자료는 한진해운 감천터미널에서 생성되는 데이터를 바탕으로 한다.

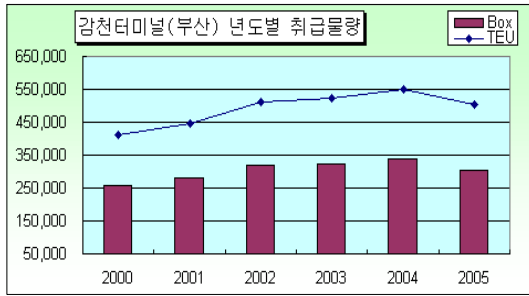
(2) 대상 터미널 현황

한진해운 감천터미널은 국내 최초이자 유일하게 국적선사에 의하여 개발된 컨테이너 전용터미널이라는 점에서 그 의미가 있다. 또한, 길이 600M에 달하는 선석은 2척의 선박이 동시에 접안이 가능하며 갠트리 크레인 4기를 갖추고 최신 터미널 운영 시스템을 도입, 터미널 자동화를 이룬 첨단 터미널로서 10여개의 기항선사 고객들에게 양질의 하역 및 정보서비스를 제공하고 있다. 한진해운 감천터미널의 일반현황은 <표 5-1>에 간략히 제시하였으며, 하역장비제원 내역은 <표 5-2>에 나타나 있다. 또한, <그림 5-1>은 한진해운 감천터미널의 Gate, Yard, Berth와 관련한 구체적인 도면을 보여주고 있다.

<표 5-1> 한진해운 감천터미널 일반현황

터미널 명칭	한진해운 감천터미널
조업사	(주)한진
터미널 주소	부산시 사하구 구평동 471번지
개장 시간	24 시간 (연중무휴)

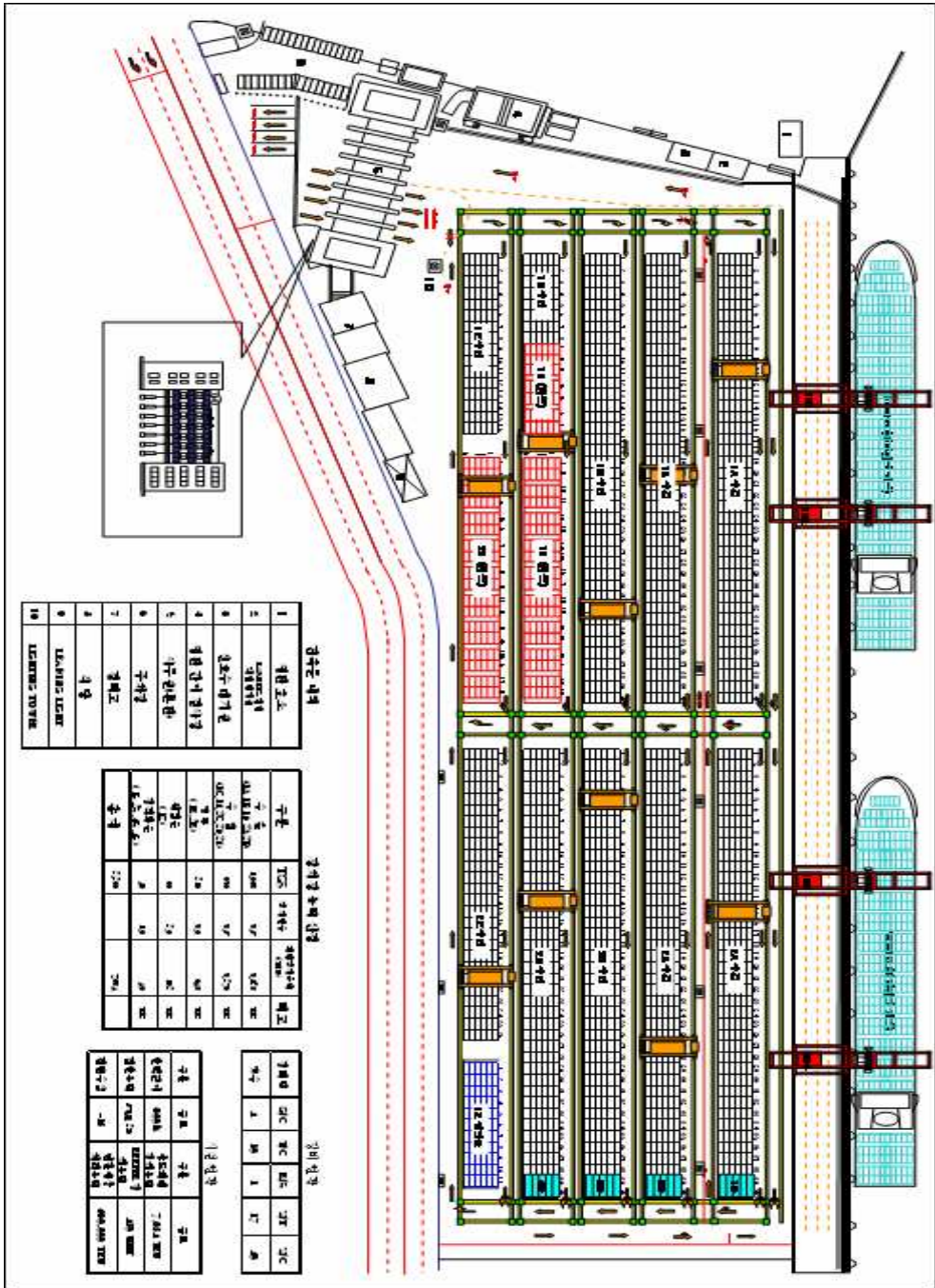
연간 취급물량 실적



선석 길이	600 m (2 Berths)
선석 깊이	13 m
면적	142,333 m ² (square)
계획 연간 처리 물량	340,000 TEU
연간 취급 물량	500,000 TEU
냉동장치	544 Plugs (220V :16, 440V :528)
Gates	8 Lanes · 1 Truck Scale (4 In : 2Man, 2 Auto · 4 Out : 2Man, 2 Auto) 바코드 System

<표 5-2> 한진해운 감천터미널 보유 하역장비 내역

장비사진	장비제원
	Gantry Crane : 5 대 - 정격하중(Ton) : 40.6 LT
	Transfer Crane : 12 대 - 정격하중(Ton) : 40.6 LT
	Reach Stacker : 1 대
	Yard Tractor : 23 대(with fifth wheel)
	Yard Chassis - For 20'/40' Container : 51 Units - For 20'/40'/45' Container : 7 Units - Max . Pay Load : 50,000 Kg

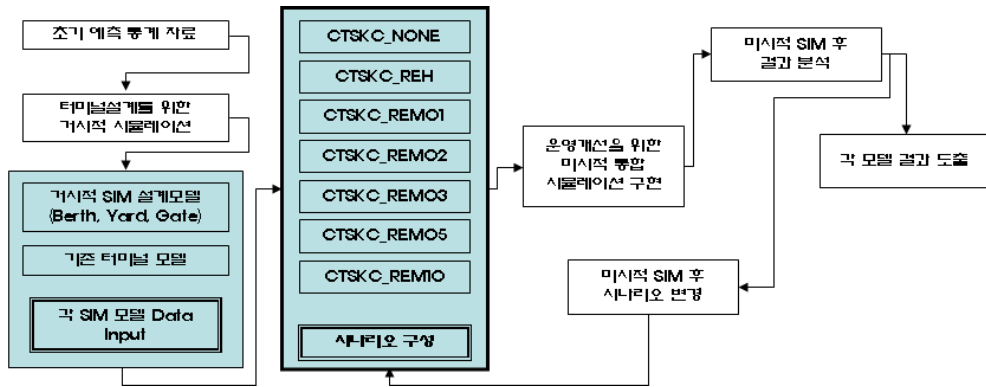


<그림 5-1> 한진해운 감천터미널 야드 도면

2) 시뮬레이션 흐름 및 기본구조

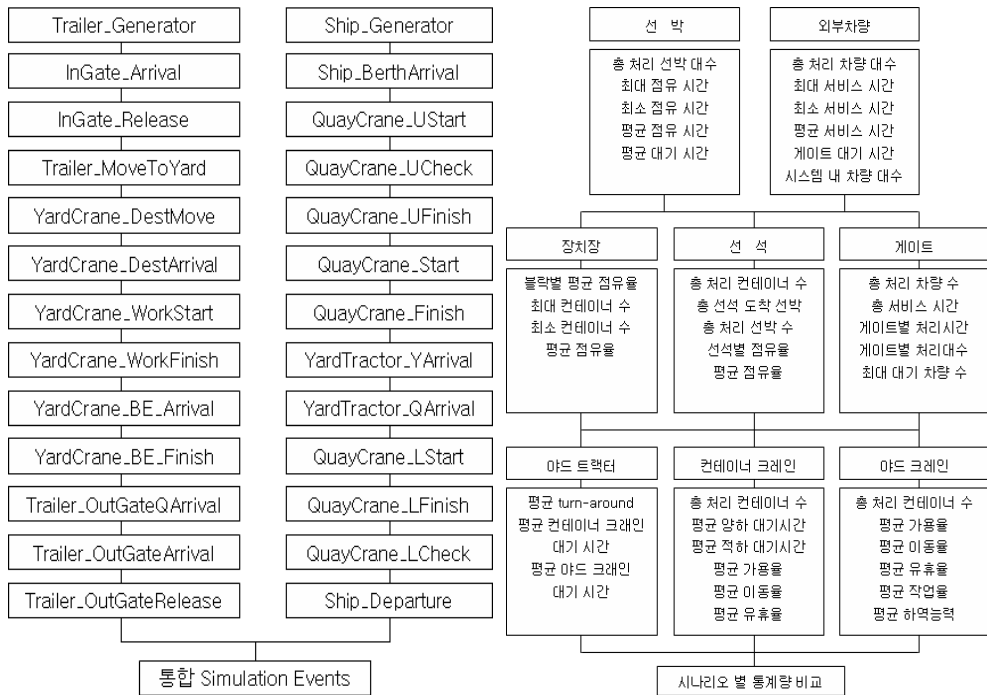
본 연구에서 RFID 적용 효과분석을 위해 적용한 간략한 시뮬레이션 통합 흐름도는 <그림 5-2>와 같다. 본 연구의 시뮬레이션 통합 흐름도는 크게 세부분으로 구성되는데, 시뮬레이션 로직 모듈과 시뮬레이션의 기본 입력자료 모듈, 마지막으로 본 연구에서 제시하는 시나리오별 결과 모듈로 나눌 수 있다. 각 모듈별로 간단히 설명하면 다음과 같다.

우선, 설정 모듈의 하부 모듈인 DB 및 파라미터에서는 한진해운 감천터미널의 Gate, 장치장, 안벽 등과 관련한 자료로 구축한다. 컨테이너터미널의 기능을 앞서 제시한 바와 같이 Gate, 장치장, 안벽 등으로 나누고 각 기능별 시뮬레이션 모듈을 적용하며, 각 기능들을 연계하여 전체 터미널 차원에서의 통합 시뮬레이션을 통해 효과분석을 수행한다. 이상의 시뮬레이션의 결과는 각 분야별·시나리오별로 도출되게 된다.



<그림 5-2> 시뮬레이션 전체 흐름도

본 연구에서 적용한 컨테이너터미널의 통합 시뮬레이션 모형은 이산 사건 시뮬레이션 기법으로 개발된 것이며, <그림 5-3>에서 보는 바와 같이 터미널에서 발생하는 사건(event)들을 추출해낸 후 각 운영 안에 맞도록 유기적으로 구성한 것이다. 또한, 시뮬레이션 전체 흐름도에서 나타난 각 분야별 모듈 구성과 통계량에 대한 정의에 대하여 간략하게 도식화한 것이 <그림 5-4>이다.



<그림 5-3> 통합시뮬레이션 이벤트 추출 <그림 5-4> 통합시뮬레이션 통계 모델

3) 시뮬레이션 입력자료

일반적으로 컨테이너터미널 시뮬레이션과 관련하여 필요한 데이터는 물동량 분포, Gate관련 자료, 장치장관련 자료, 안벽관련 자료, 기타 하역장비관련 자료 등으로 구분할 수 있다.

(1) 컨테이너 처리량

2005년 기준으로 부산항의 컨테이너 처리량은 1,184만TEU로 전년대비 3% 증가하였다. 그 중에서 한진해운 감천터미널은 2005년에 전년대비 9.2%가 감소한 497,665TEU를 처리하여 부산항 전체대비 약 4.2%의 점유율을 보였다.

<표 5-3> 2005년 한진해운 감천터미널 컨테이너 처리실적

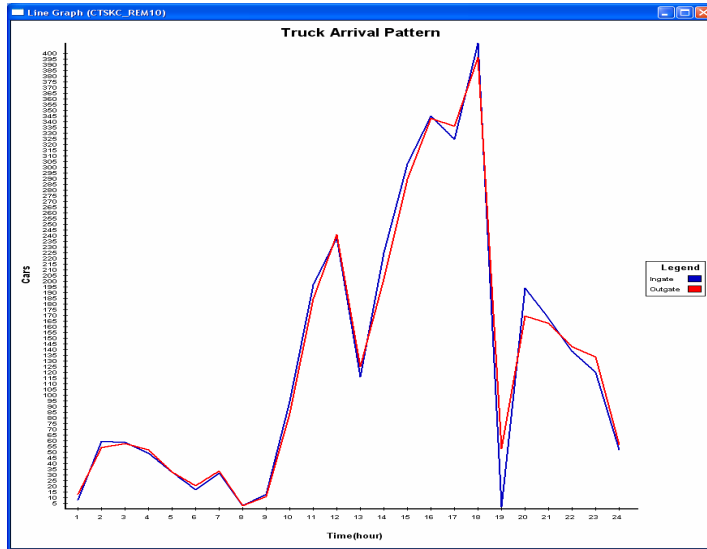
구 분		2004	2005	증감률	부산항의 점유율
감천한진	합 계	548,074	497,665	-9.2	4.2
	소계	548,074	497,665	-9.2	4.2
	수입		182,372	1.9	5.5
	수출		115,241	-15.8	3.5
	T/S		200,052	-13.9	3.9
	연안	-	-	0.0	0.0

(2) Gate 관련 입력자료

한진 감천터미널을 포함한 기존 부산항은 ODCY 이용으로 인하여 트럭 도착 패턴이 특이하기 때문에 터미널 계획에 사용할 수 없다. 따라서 아시아 주요항을 대상으로 한 트럭 도착 패턴을 이용하는 것이 바람직하다. 이러한 상황을 고려한 한진해운 감천터미널 Gate 시간대별 반입분포 현황은 <표 5-4>에 나타난 바와 같다. 13시~14시가 최대 피크치인 7.5%를 보이고 있으며, 출근시간대에 가장 낮은 비율을 보이고 있다.

<표 5-4> 감천터미널 Gate 시간대별 반입 분포

시간대	비율(%)	시간대	비율(%)
0 ~ 1시	1.0%	13 ~ 14시	7.5%
1 ~ 2시	2.6%	14 ~ 15시	7.2%
2 ~ 3시	2.3%	15 ~ 16시	7.4%
3 ~ 4시	2.1%	16 ~ 17시	7.4%
4 ~ 5시	1.7%	17 ~ 18시	6.4%
5 ~ 6시	1.5%	18 ~ 19시	2.3%
6 ~ 7시	1.2%	19 ~ 20시	6.4%
7 ~ 8시	0.7%	20 ~ 21시	5.8%
8 ~ 9시	1.9%	21 ~ 22시	4.9%
9 ~ 10시	5.5%	22 ~ 23시	4.4%
10 ~ 11시	7.3%	23 ~ 24시	3.5%
11 ~ 12시	6.8%	Total	100.00%
12 ~ 13시	2.4%	Max	7.50%



<그림 5-5> Gate의 차량 도착 패턴

또한, 본 연구의 시뮬레이션에 사용된 한진해운 감천터미널 Gate의 경우, 동시에 설비되어 있는 RFID와 바코드 시스템의 Gate 처리 소요시간은 차이가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 실제 부산항의 Gate 처리 소요시간을 적용하지 않고, 실제 한진해운 감천터미널의 7일간의 Gate 통과 시간을 실측하여 다음과 같이 평균값을 산정하였다.

<표 5-5> Gate System별 처리 소요시간

구 분		빈 차시	공 컨테이너	적 컨테이너
바코드	반 입	25	35	35
	반 출	25	35	35
RFID	반 입	15	15	15
	반 출	15	15	15

(3) Yard 관련 입력자료

부산항의 경우 컨테이너터미널마다 다소 차이는 있지만 일반적으로 수출화물은 3일, 수입화물은 4~5일, 환적화물은 7일정도의 무료장치기간을 제공하고 있

으며, 평균장치기간은 우암터미널을 제외하고 무료장치기간과 비슷하거나 조금 더 길다. 부산항은 환적률이 40%가 넘는 환적항의 성격을 가지고 있지만, 일본(8일 내외)이나 홍콩(7일 내외)등 동북아 경쟁항만에 비해 무료 허용 장치기간이 상당히 짧다.

실제 시뮬레이션을 실시하는 데 있어서 장치장과 관련된 주요 자료의 형식은 <표 5-6>과 같으며, 한진해운 감천터미널의 2005년도 실적치를 고려하여 산정하였다.

<표 5-6> 한진해운 감천터미널 Yard 관련 입력자료

평균 장치기간	수입 적컨테이너	5.4 days
	수출 적컨테이너	3.7 days
	수입 공컨테이너	6.2 days
	수출 공컨테이너	6.6 days
	환적 컨테이너	7 days
피크 계수		1.2
피크 RTG 장치단적수		4
피크 RMG 장치단적수		5
피크 공컨테이너 장치단적수		7
적컨테이너 장치능력 계수		57%
공컨테이너 장치능력 계수		76%
Net/Gross 터미널 면적		67%

(4) 안벽 관련 입력자료

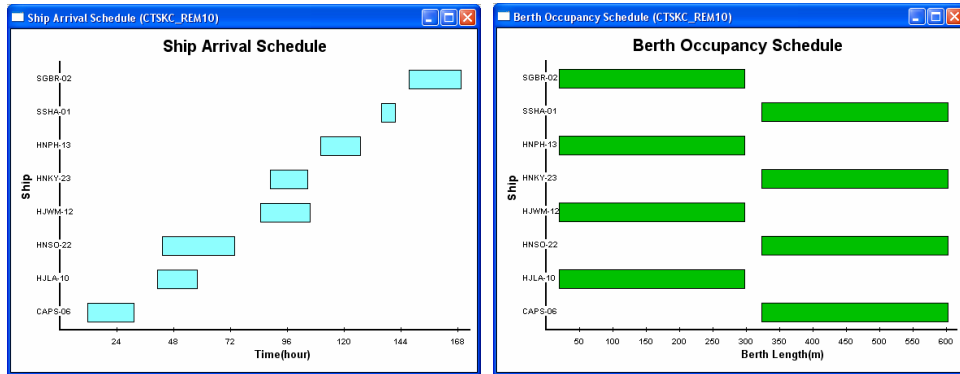
안벽 관련 자료는 선박도착 분포, 선박당 적·양하 BOX 개수, 선박당 할당되는 G/C 대수, 선박 길이와 적·양하 BOX 수 관계, 일일 작업 시간, 선박당 이접안에 소요되는 시간, 작업시간당 G/C 생산성 등이다. 이들 자료는 시뮬레이션에 투입자료로 사용되며, 상호 밀접하게 관련되어 있는 경우가 많다. 예를 들면 선박당 적·양하 개수에 근거하여 선박당 할당되는 G/C 대수 및 선박길이 추정치 등이 결정된다.

가. 선박 당 적·양하 컨테이너 수

시뮬레이션 대상기간을 2005년 1월 1일부터 2005년 12월 31일로 선정하고 컨테이너의 실제 자료를 분석하여 각 선박의 크기, 길이, 선박당 할당되는 크레인 수 등의 자료를 입수하였다. 한진해운 감천터미널의 2005년도 선박당 평균 하역량은 774TEU이며, TEU와 VAN의 비율이 1.62임을 감안할 때 1,000TEU는 617BOX가 된다. 이러한 계산으로 한진해운 감천터미널의 연간 처리 BOX를 산정하기 위해 연간 처리 497,665TEU에 TEU/VAN 비율 1.618942를 곱하면 총 연간 처리 BOX수는 307,401VAN이다. 본 척도는 각 기항 선박의 크기, 선박 길이, 각 선박에 할당되는 크레인 수 등을 결정하는 데 사용된다. 따라서 본 연구에 사용되는 선박의 스케줄과 대상물량은 아래의 <표 5-7>과 같다.

<표 5-7> 대상선박의 스케줄

모 선		선사항차		CCT	ETB/ ATB	ETD/ ATD	접안 시간	작업 시간	Day	작업량				선석	노선명
항차	선사	입항	출항							total	양하	적하	이적		
CAPS-06	HJS	007E	008W	11-05 07:00	11-06 11:00	11-07 06:00	19.00	17.00	1	855	446	409	12	2A(P)	HPX
HJLA-10	HJS	065W	065W	11-07 10:00	11-07 15:30	11-08 07:10	15.67	13.67	2	934	830	104	384	1A(P)	AWHW
HNSO-22	HJS	295E	295W	11-08 07:00	11-07 17:30	11-08 22:10	28.67	26.67	2	880	482	398		2A(P)	JIX-W
HJWM-12	HJS	056E	056E	11-08 18:00	11-09 08:37	11-10 04:00	19.38	17.38	4	662	16	646	19	1A(P)	AWHE
HNKY-23	HJS	266E	266E	11-09 13:00	11-09 12:30	11-10 03:10	14.67	12.67	4	537	261	276	10	2A(P)	JIX-E
HNPH-13	HJS	041W	041W	11-10 03:00	11-10 08:14	11-11 00:00	15.77	13.77	5	955	904	51	86	1A(P)	CAXW
SSHA-01	SNL	001E	001E	11-11 03:00	11-11 08:20	11-11 14:55	6.58	4.58	6	197		197		2A(P)	CAS
SGBR-02	SKR	501N	502S	11-12 13:00	11-12 19:10	11-13 16:15	21.08	19.08	7	941	505	436		2A(P)	HPX



<그림 5-6> 대상선박의 입항 스케줄 <그림 5-7> 대상선박의 Berth Window

나. G/C 할당대수

현재 부산항은 선박당 안벽 크레인을 4기 이상은 할당하지 않고 있다. 그러나 오늘날 외국의 항만에서는 5~6기까지 할당하는 것이 일반적이다. 따라서 시뮬레이션을 실시하는 데 있어서 부산항과 아시아 주요항의 자료를 이용하여 안벽 크레인 할당 대수 분포를 도출하는 것이 바람직하다. 그러나 한진해운 감천터미널의 경우는 해당 모선별 G/C 할당 실적을 분석하여 적·양하 수에 따른 크레인 할당 대수를 결정하였다.

다. 선박 도착 패턴

시뮬레이션을 위해서는 감천터미널의 선박 도착 자료를 활용할 필요가 있다. 터미널의 선박 도착 자료를 일 단위로 구별하여 각 요일에 도착하는 선박의 비율을 도출한다. 실제 기항 실적을 기준으로 산정한 감천터미널의 일별 선박 도착 분포는 <표 5-8>과 같다. 한진해운 감천터미널의 경우 화요일과 수요일에 피크를 이루는 것을 알 수 있다. 따라서 시뮬레이션에서는 피크 특성이 반영된 이틀에 전체 선박의 약 40%가 집중되는 피크 경우를 가정할 수 있다.

<표 5-8> 선박 도착 패턴

구 분	선박 도착 척수	비율
Sun	20	5.0 %
Mon	49	12.3 %
Tue	64	16.1 %
Wed	87	21.9 %
Thu	54	13.6 %
Fri	61	15.4 %
Sat	62	15.6 %
Total	397	100.0 %
주간평균	7.6	14.3 %

(5) 기타 하역장비 관련 입력자료

다양한 하역장비 및 이송장비의 사양을 입력하는 부분으로서 야드 트랙터, 장치장 크레인, 안벽 크레인 등을 포함하며, 각 장비의 규격, 속도, 생산성 등의 정보를 포함한다. 이와 관련한 구체적인 입력 자료는 앞에서 언급한 바와 같이 <부록 III>에 제시하였다.

4) 시나리오 전제조건 및 설정

(1) 시나리오의 전제조건

시나리오의 구성은 기본적으로 RFID 시스템이 사전에 컨테이너의 운송로 상에 분포되어 있는 주요거점과 컨테이너터미널의 Gate, Yard, 안벽 시스템에 구축되어 있음을 전제로 하며, 각 거점과 컨테이너터미널에 구축된 시스템의 세부적인 전제조건은 다음과 같다.

전제조건 1 : 컨테이너의 운송과정 추적을 위해 최초 운송작업인 Outbound Pickup 데이터의 수집을 목적으로 컨테이너 내륙 ICD 및 각 CY에 900MHz 및 433MHz RFID 시스템을 구축한다.

- 전제조건 2 : 주요 대형화주의 창고 및 물류센터의 Gate에 화주창고 및 물류센터 출발 데이터의 수집을 목적으로 900MHz 및 433MHz RFID 시스템을 구축한다.
- 전제조건 3 : 화주창고 또는 물류센터의 출발 이후의 컨테이너 화물의 추적을 위하여 운송로의 주요지점과 Toll Gate에 900MHz 및 433MHz RFID 시스템과 컨테이너와 차량의 통과 정보를 수집하는 시스템을 구축한다.
- 전제조건 4 : 고속도로 또는 주요 운송로 상의 휴게소 및 화물 차량의 통과 지점에 900MHz 및 433MHz RFID 시스템과 컨테이너와 차량의 통과 정보를 수집하는 시스템을 구축한다.
- 전제조건 5 : 전제조건 3과 전제조건 4의 각 거점에서 통과 정보를 지속적으로 수집하고, COPINO 데이터와 비교하여 차량 및 컨테이너의 실시간 위치를 추적하는 종합 시스템이 구축되어 해당 자료를 이해관계자가 항시 제공받을 수 있도록 시스템을 구축한다.
- 전제조건 6 : 컨테이너터미널 및 내륙 ICD의 Gate에 차량 및 컨테이너의 도착 정보를 확인하는 900MHz 및 433MHz RFID 시스템과 컨테이너와 차량의 통과 정보를 수집하는 시스템을 구축한다.
- 전제조건 7 : Yard 시스템의 RFID 적용은 T/C 하단에 900MHz RFID 시스템을 설치하여 차량의 T/C 도착 정보를 자동으로 제공하고, 컨테이너 적재위치를 파악하기 위하여 433MHz RFID 시스템과 T/C 주행 및 횡행과 권상·권하시 Wire의 길이를 계산하여 3차원 정보를 얻을 수 있는 Encoder를 구축한다.
- 전제조건 8 : 각 Y/T에는 야드 내의 Y/T의 실시간으로 위치파악이 가능하도록 RTLS(Real Time Location System)시스템을 구축한다.
- 전제조건 9 : 안벽부분의 RFID 적용은 G/C 하부의 Checker's Cabin과 G/C 중간높이의 Portal Beam 부분에 433MHz RFID 시스템을 설치하여 컨테이너의 선적 또는 하역 데이터를 실시간으로 TOS(Terminal Operating System) 서버에 전송되도록 시스템을 구축한다.
- 이러한 전제조건에서 나타난 시스템의 구축방안은 현재 정부의 u-IT 선도사

업의 한 부분으로 수행되는 해양수산부의 RFID를 이용한 항만물류 효율화사업의 확장단계에서 적용이 가능한 시스템으로 제시되었던 내용이다.

(2) 시나리오의 설정

본 연구에서 도출하고자 하는 것은 기존 터미널 운영 방식과 RFID를 이용하여 전국 고속도로의 지정된 거점에서 차량 및 컨테이너의 이동정보를 미리 전송받아 도착시간을 미리 산출하고, 이를 통하여 야드 활용성의 요소와 Gate 반출·입 시간 단축 등을 통한 Turnaround time의 감소, 야드 내 차량의 대기시간 감소의 정도 및 T/C의 Rehandling 개수의 차이를 구하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 사전정보의 전송시간을 바탕으로 7개의 시나리오를 구성하였다. Rehandling이나 차량의 대기가 발생하지 않는 가장 이상적인 터미널의 표준 생산성을 도출하는 첫 번째 시나리오와 일반적인 운영 상태의 컨테이너터미널 시스템에서의 생산성을 측정하여 비교 요소를 산출하는 두 번째 시나리오를 구성한다. RFID를 이용하여 사전 정보를 미리 받는 시나리오는 1시간 전, 2시간 전, 3시간 전, 5시간 전, 7시간 전으로 5가지의 시나리오를 각각 구성하였다. 따라서 여기에서는 그 시간대별 차이와 현행 시스템과의 비교 및 최적의 시나리오로 예상되는 첫 번째 시나리오와의 비교를 통하여 RFID를 적용했을 경우 실제 생산성 향상 요소를 정량적으로 산출함을 목적으로 하였다.

우선, 첫 번째 시나리오는 특정한 제약조건이 없는 이상적인 형태의 터미널 운영시스템으로 시뮬레이션의 최적 상황을 제시한 것이다. 두 번째 시나리오는 현행시스템과 같이 컨테이너 사전정보 없이 터미널 Gate에 진입하는 경우로 RFID의 효율성을 비교하기 위한 기준이 되는 상황을 제시한 것이다. 세 번째 시나리오는 컨테이너가 부산지역으로 들어오기 위한 접점인 서부산, 동부산 등 부산인근 톨게이트에서 전송받게 되는 상황으로 Gate 반입 전 1시간을 제시한 것이다. 마찬가지로 네 번째 시나리오는 고속도로 중간에 설치된 RFID 리더에서 전송되는 컨테이너 정보를 바탕으로 2시간 전의 상황을 제시한 것이다. 다섯 번째와 여섯 번째, 일곱 번째는 각각 수도권지역의 톨게이트에서 출발하는 경우와 수출입 화주의 최종 목적지에서 출발하는 상황을 제시한 것이다.

<표 5-9> 시나리오의 구성

시나리오		내 용
S# 1	시나리오 1	터미널 내 Rehandling이나 차량대기가 발생하지 않는 최적의 시물레이션
S# 2	시나리오 2	사전 정보 없이 Gate에 진입하는 경우 (현행시스템)
S# 3	시나리오 3	Gate 도착 1시간 전에 도착정보를 송부 받은 후 Gate에 진입하는 경우
S# 4	시나리오 4	Gate 도착 2시간 전에 도착정보를 송부 받은 후 Gate에 진입하는 경우
S# 5	시나리오 5	Gate 도착 3시간 전에 도착정보를 송부 받은 후 Gate에 진입하는 경우
S# 6	시나리오 6	Gate 도착 5시간 전에 도착정보를 송부 받은 후 Gate에 진입하는 경우
S# 7	시나리오 7	Gate 도착 7시간 전에 도착정보를 송부 받은 후 Gate에 진입하는 경우

이상과 같이 7개의 시나리오를 제시하였지만, 각 시나리오별로 입력 값은 다르지 않다. 이는 RFID 적용이 컨테이너터미널 시스템 구성에 있어서 직접적인 영향을 미치는 것이 아니라 컨테이너의 사전정보가 Gate, Yard, Shipping 계획의 효율성에 영향을 미치기 때문이다.

<표 5-10> 시나리오 별 시물레이션 입력자료

Scenario	Annual(TEU)	Mean Lift/Ship	Berth	Block	QC	YQ	YT	GATE(In/Out)
S#1 CTSKC_NONE	500,013	745	2	15	4	12	16	4 / 3
S#2 CTSKC_REH	500,013	745	2	15	4	12	16	4 / 3
S#3 CTSKC_REM01	500,013	745	2	15	4	12	16	4 / 3
S#4 CTSKC_REM02	500,013	745	2	15	4	12	16	4 / 3
S#5 CTSKC_REM03	500,013	745	2	15	4	12	16	4 / 3
S#6 CTSKC_REM05	500,013	745	2	15	4	12	16	4 / 3
S#7 CTSKC_REM07	500,013	745	2	15	4	12	16	4 / 3

5.3 시뮬레이션 결과 분석

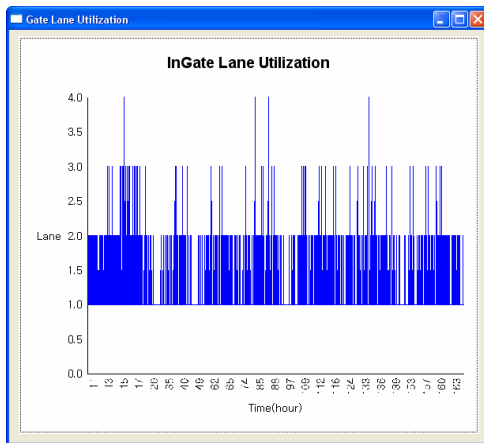
기본적으로 본 연구에서 구분하여 살펴보고자 하였던, Gate 시스템과 Yard 시스템, 안벽시스템에 대한 RFID 적용효과의 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 각 시스템별로 결과 도출과정(Flow Chart)이 필요하게 된다. 즉, 각 시스템별로 상이한 업무분야와 적용과정이 필요하게 되는데, 이와 관련한 시스템별 시뮬레이션 결과 도출과정은 <부록Ⅱ>에서 자세히 제시한다.

1) Gate 시스템 시뮬레이션 결과 및 기대효과

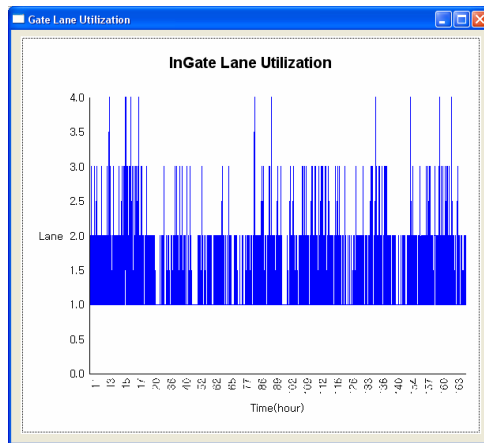
(1) Gate 시스템 시뮬레이션 분석결과

컨테이너터미널의 Gate 시스템은 기본적으로 반입과 반출로 구분하여 살펴볼 수 있는데, 우선 <그림 5-8>에서 <그림 5-15>까지에 나타난 결과는 Gate 반입시 발생하는 결과이다.

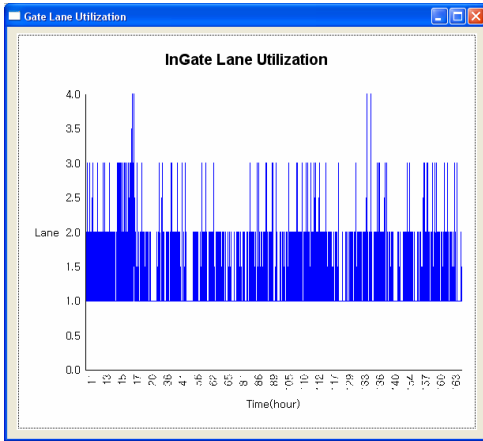
각 그래프의 X축은 시간의 경과를 의미하고 Y축은 시뮬레이션에서 구성된 Gate의 숫자를 의미하는 것이다. 주어진 처리물량과 트럭의 Gate 도착 패턴을 기준으로 시뮬레이션을 수행하여 Gate의 혼잡도와 Gate 통과시간을 파악할 수 있다. 이러한 결과를 트럭 도착순서에 따라 Gate가 사용되는 개수를 그래프로 제시하여 혼잡도와 혼잡시간의 파악이 가능하도록 하였다.



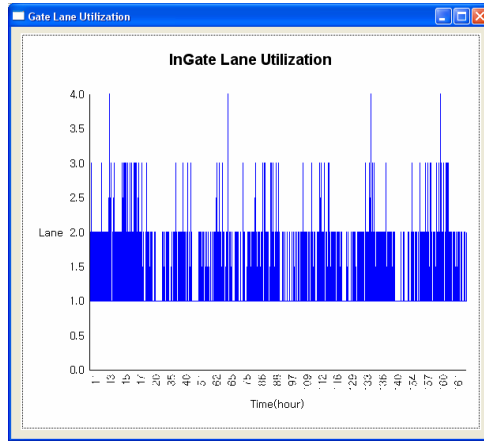
<그림 5-8> 시나리오 1(In Gate)



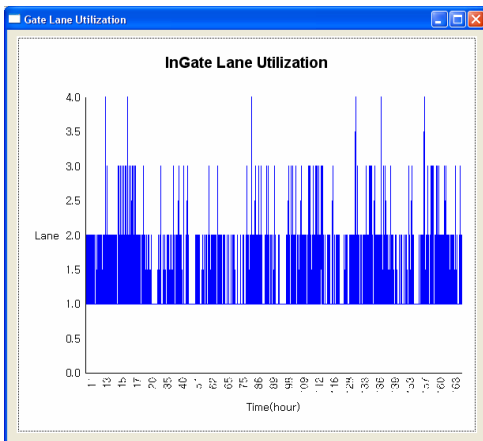
<그림 5-9> 시나리오 2(In Gate)



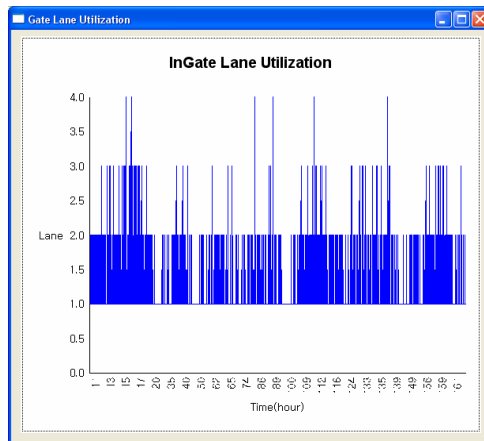
<그림 5-10> 시나리오 3(In Gate)



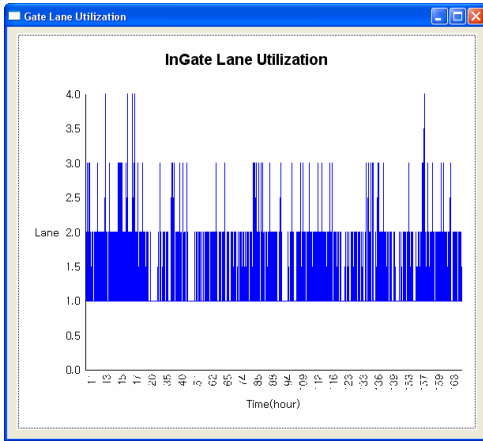
<그림 5-11> 시나리오 4(In Gate)



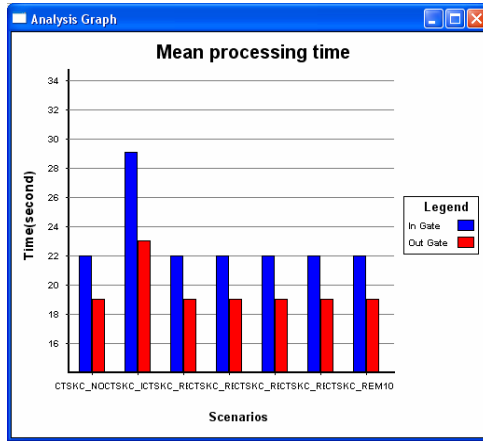
<그림 5-12> 시나리오 5(In Gate)



<그림 5-13> 시나리오 6(In Gate)



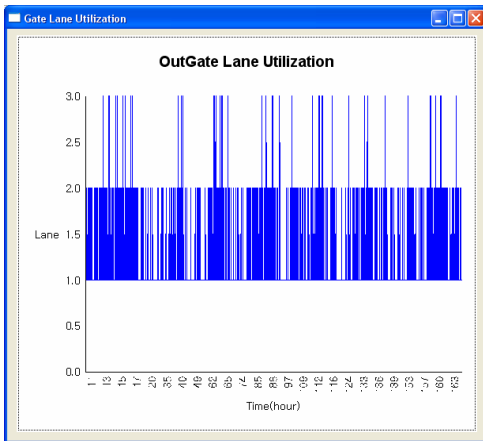
<그림 5-14> 시나리오 7(In Gate)



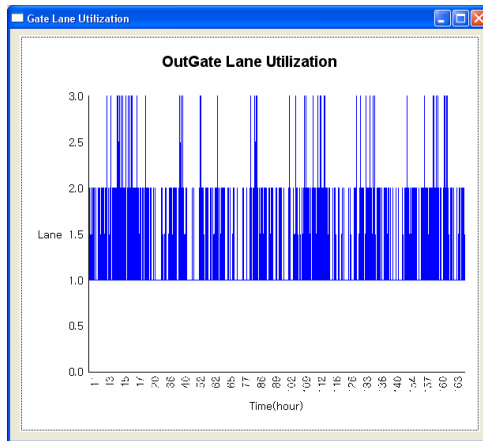
<그림 5-15> 각 시나리오별 In Gate 통과 평균시간 비교

다음으로 <그림 5-16>에서 <그림 5-23>까지에 나타난 결과는 Gate 반출시 발생하는 결과이다.

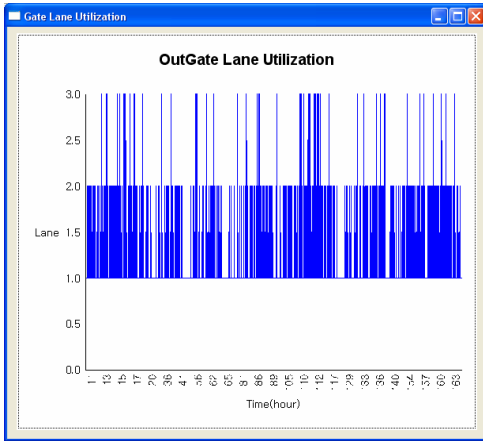
반출 Gate 역시 각 그래프의 X축은 시간의 경과를 Y축은 시뮬레이션에서 구성된 Gate의 숫자를 의미하는 것이다. 주어진 처리물량과 야드 시스템부분의 시뮬레이션과 연동하여 도출된 값으로 반출 Gate의 혼잡도와 Gate 통과시간을 파악할 수 있으며, 이러한 결과를 트럭 통과순서에 따라 Gate가 사용되는 반출 Gate 개수를 그래프로 제시하여 혼잡도와 혼잡시간의 파악이 가능하도록 하였다.



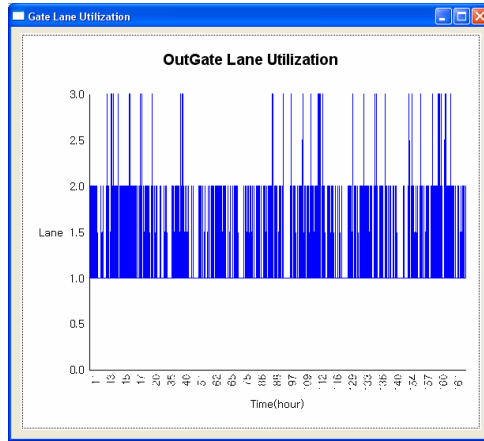
<그림 5-16> 시나리오 1(Out Gate)



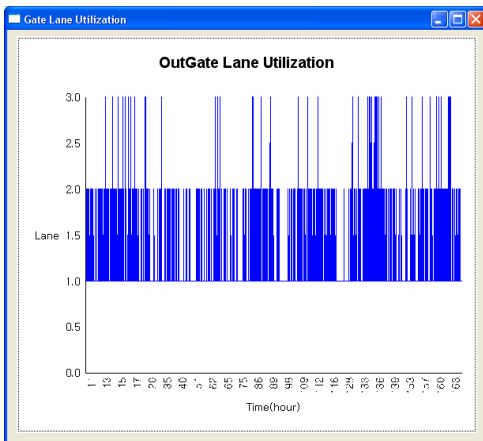
<그림 5-17> 시나리오 2(Out Gate)



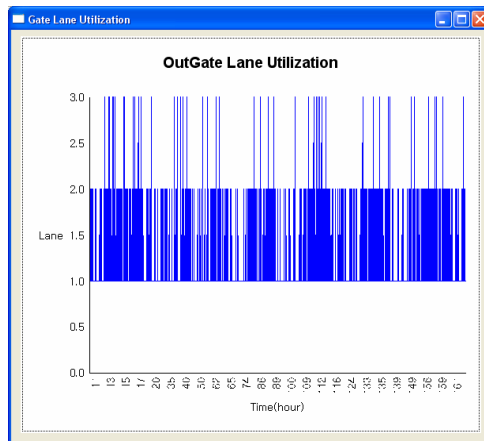
<그림 5-18> 시나리오 3(Out Gate)



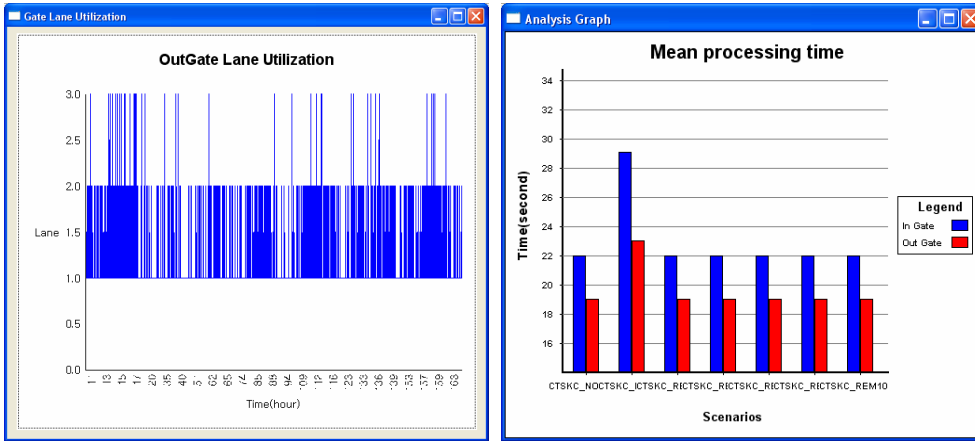
<그림 5-19> 시나리오 4(Out Gate)



<그림 5-20> 시나리오 5(Out Gate)



<그림 5-21> 시나리오 6(Out Gate)



<그림 5-22> 시나리오 7(Out Gate) <그림 5-23> 각 시나리오별 Out Gate
통과 평균시간 비교

기본적으로 Gate 반출·입 부분에서는 현행 바코드 시스템과 RFID 시스템을 비교했을 때, RFID 시스템이 차량 및 컨테이너 번호 인식 시간이 상대적으로 짧기 때문에 <그림 5-23>에 나타난 바와 같이 RFID를 적용한 시나리오들은 시나리오 2에 비해 Gate 반입에서는 평균 7초, 반출에서는 평균 4초가 단축 되는 결과를 보였다. 이는 단순 인식시간 단축의 결과라고 볼 수도 있지만, 이러한 인식시간 단축 결과도 Gate 피크시에는 차량의 흐름을 원활하게 할 수 있는 방법이 될 수 있다. 또한, 터미널 Gate는 컨테이너 정보의 시발점이자 접점 역할을 수행하기 때문에 각 시스템으로 연계되는 연계효과가 더욱 크다. 구체적으로 터미널 내 외부트럭의 대수나 Turnaround time 감소, Rehandling 작업의 감소로 이어지게 된다.

<표 5-11> Gate 반출·입 부분의 시뮬레이션 결과

Scenario		Total Passing Trailer #	In Gate #	Mean Service Time (Sec)	Out Gate #	Mean Service Time (Sec)
S# 1	CTSKC_NONE	3,089	4	22.24	3	19.96
S# 2	CTSKC_REH	3,135	4	29.20	3	23.23
S# 3	CTSKC_REM01	3,153	4	22.69	3	19.79
S# 4	CTSKC_REM02	3,118	4	22.75	3	19.87
S# 5	CTSKC_REM03	3,105	4	22.58	3	19.98
S# 6	CTSKC_REM05	3,123	4	22.37	3	19.91
S# 7	CTSKC_REM07	3,117	4	22.61	3	19.82

위의 <표 5-11> Gate 반출·입 부분의 시뮬레이션 결과에 나타난 바와 같이 Gate시스템에서는 시나리오의 구성과 관계없이 RFID를 이용한 차량 및 컨테이너 인식 시간의 단축으로 인하여 Gate의 통과 시간이 상당부분 개선되었음을 확인할 수 있다.

(2) Gate 시스템의 RFID 도입 시 기대효과

Gate 통과시스템의 RFID 도입 기대효과에 대해서는 Kim et al.(2006)의 연구에서 제시되었던 기술적 성공요인 및 생산성 기대효과 측면과 Gate 구축 및 운영비용에 대한 기대효과로 구분하여 제시하고자 한다.

가. 기술적 성공요인 및 생산성 기대효과

Gate 인식방식별 장단점을 종합 검토한 결과를 바탕으로 기술적 성공요인을 평가하였다(<표 5-12> 참조). RFID 적용으로 인해서 각 시스템의 컨테이너 번호 확인 절차 문제는 어느 정도 해소될 것으로 보이며, 어떠한 인식방식을 구현하든지 마지막 선적부분에서의 기록은 육안 확인 작업으로 당분간 계속될 것으로 보인다. 따라서 각 인식방식은 인력 수요의 최소화에 대한 이점만이 남게 될

것이다. <표 5-12>에서 평가한 기술적 성공요인 중에서 비용면의 ‘Good’, ‘Not Good’, ‘Bad’의 평점은 효율성 및 비용대비 효과가 고려되지 않은 상대적 단순 비교이다. 기술적 성공요인을 비교한 결과, RFID 인식방식과 바코드 인식방식이 비교적 높은 성공요인을 가지고 있는 것으로 파악되었다.

<표 5-12> Gate 인식방식별 기술적 성공요인 비교

기술적 성공요인	카메라 영상인식	RFID	바코드
화물에 관한 안정성	NOT GOOD	GOOD	BAD
인력 투입 및 업무량	NOT GOOD	GOOD	GOOD
인식률	NOT GOOD	GOOD	GOOD
비용	BAD	NOT GOOD	GOOD
효율성	NOT GOOD	GOOD	GOOD
시스템 적용	NOT GOOD	GOOD	GOOD
홍보 및 광고 효과	NOT GOOD	GOOD	NOT GOOD

터미널에서 Gate 인식방식별 생산성 비교는 Gate 통과시간으로 평가하고 있는데(Choi et al(2005), Ryoo(1998)), 이를 위해 RFID 방식은 최근 해양수산부의 시범사업에서 나타난 결과 값을 적용하였다. 현재 RFID를 이용한 Gate가 구축된 터미널은 없지만 차량과 컨테이너에 동시에 RFID 태그를 붙임으로서 바코드의 장점과 카메라 영상문자인식의 장점 모두를 결합한 시스템으로 구축하는 것이 가능하다. Gate 통과시간을 통한 생산성을 비교한 결과, RFID 인식방식과 바코드 인식방식이 비교적 높게 나타난 것으로 파악되었다.

<표 5-13> 터미널 Gate 인식방식별 생산성 비교

구 분	Gate 통과 시간	비 고
카메라 영상인식	평균 25 ~ 40초	-
바코드	평균 15 ~ 25초	-
RFID	평균 15 ~ 25초	차량 900MHz, 컨테이너 433MHz
	평균 10 ~ 15초	LDU 또는 SMS 사용시

* LDU-Location Display Unit, SMS-Short Message Service

자료 : 해양수산부 RFID 시범사업의 한진해운 감천터미널 내부자료

또한, RFID 인식방식 중에서는 LDU(Location Display Unit : 장치장 위치 표시 시스템)를 이용하면 일차적으로 무정차 Gate 시스템의 구축이 가능해져 정상적인 Gate 통과 시간을 최대 7초 이내까지 줄일 수 있다(해양수산부 RFID 시범사업의 한진해운 감천터미널 내부자료). 이렇게 되면 Gate 무정차 시스템의 구현이 가능해져 Gate 생산성을 획기적으로 향상 시킬 수 있다. 하지만, 일부 터미널의 Gate 내에서 시행하고 있는 컨테이너 외관 손상검사 및 Seal 검사를 어떻게, 어디에서 수행할 것인가에 대한 별도의 논의는 필요하다.

나. RFID 적용 Gate의 구축 및 운영비용 절감 기대효과

컨테이너터미널의 Gate 운영업무 자동화 구현시 영상인식시스템을 도입하는 경우와 RFID 방식을 적용했을 경우의 설치비용은 아래와 같이 약 55억원의 비용절감 효과를 가져 올 수 있을 것으로 예상된다.

<표 5-14> RFID 적용시 Gate 구축비용 절감효과 분석

인식대상	적용 시스템	인식률	Gate Lane 당 구축비용	부산·광양 Gate 운영 Lane 수	전체 구축 비용	비용절감
컨테이너 번호 /트럭번호	카메라 영상인식 시스템	60-20%	1억	60 Lane	60억	영상인식 대비 약 55억의 비용 효과
	RFID 시스템	100%	7백만원		4.8억	

자료 : 해양수산부 RFID 기반 항만물류효율화 시범사업

카메라 영상인식 시스템은 터미널 운영사별로 인식률 오류로 인한 문제해결을 위해 Gate에 운영인력을 보유하고 있으며 인식률이 100%에 근접하는 RFID 방식 적용시 부산·광양 컨테이너터미널 Gate 운영인력은 아래와 같이 터미널별 3명, 전체 48명이 감축될 수 있다.

<표 5-15> RFID 적용시 Gate 인력 감소 효과 분석

구 분	터미널 별 일일 Gate 필요인력	부산·광양 터미널 수	전체 운영인력	비용절감
카메라 영상인식 시스템	3명(3교대)	16	48	1인 연봉 3천만원 기준시 약 14억원 비용절감 효과가 발생
RF 시스템	-		-	

자료 : 해양수산부 RFID 기반 항만물류효율화 시범사업

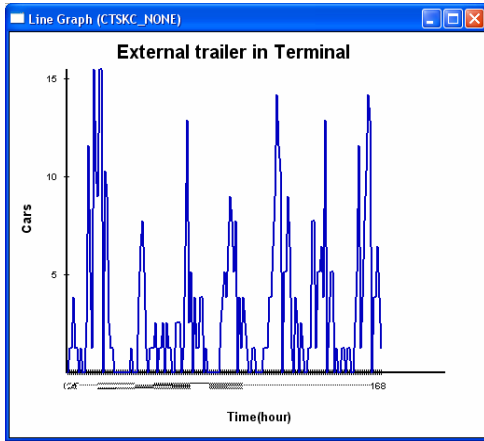
2) Yard 시스템 시뮬레이션 결과 및 기대효과

(1) Yard 시스템 시뮬레이션 분석결과

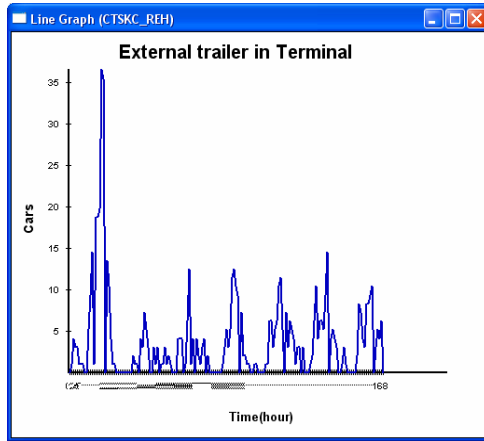
가. 터미널내 존재 외부트럭 대수

터미널의 야드 생산성의 향상 여부를 파악하기 위해서는 다양한 분야의 생산성을 평가해야 하는데 <그림 5-24>에서 <그림 5-31>까지에 나타난 결과는 터미널 야드 내에서 작업 중인 외부트럭의 숫자를 표시한 것이다.

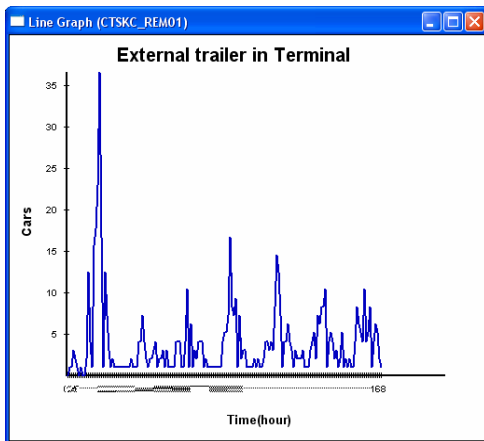
각 그래프의 X축은 시간의 경과를 의미하고 Y축은 야드 내의 외부트럭의 숫자를 의미하는 것이다. 주어진 처리물량과 야드 시스템부분의 시뮬레이션과 연동하여 도출된 값으로 야드 내에서 작업대기 중인 외부트럭을 산출함으로써 야드 내 외부트럭의 대기율의 파악이 가능하도록 하였다.



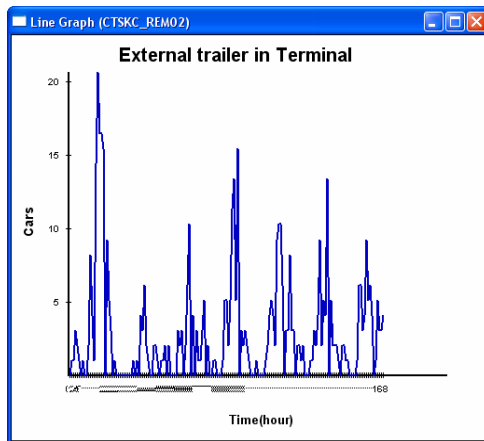
<그림 5-24> 시나리오 1(터미널 내 외부트럭 대수)



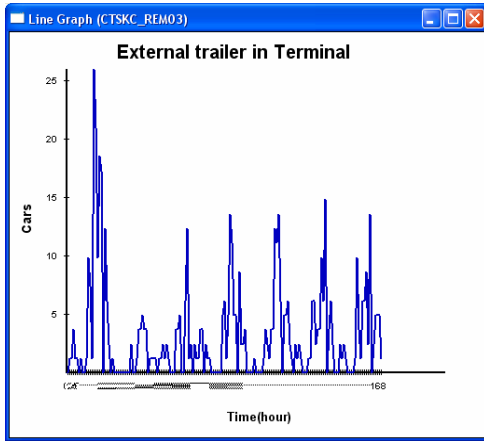
<그림 5-25> 시나리오 2(터미널 내 외부트럭 대수)



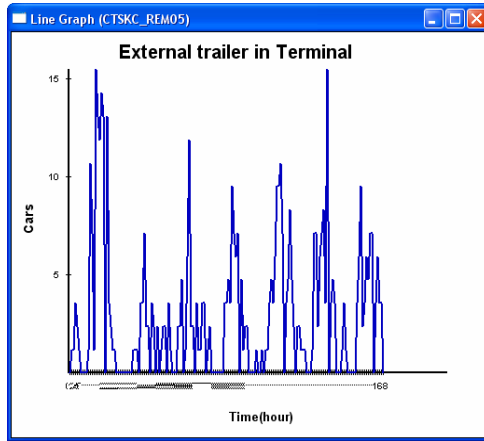
<그림 5-26> 시나리오 3(터미널 내 외부트럭 대수)



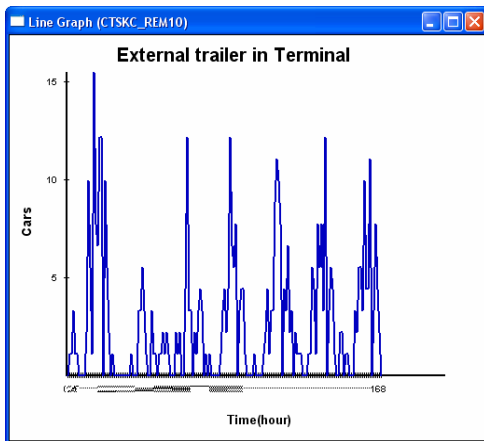
<그림 5-27> 시나리오 4(터미널 내 외부트럭 대수)



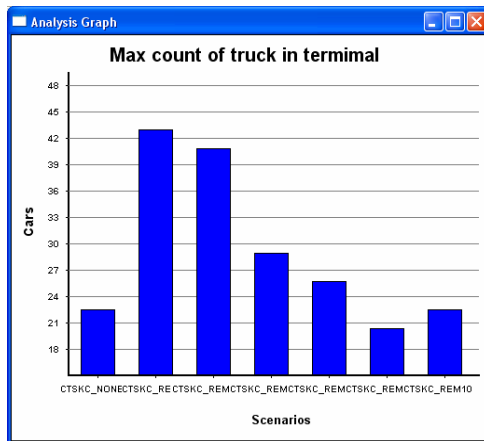
<그림 5-28> 시나리오 5(터미널 내 외부트럭 대수)



<그림 5-29> 시나리오 6(터미널 내 외부트럭 대수)



<그림 5-30> 시나리오 7(터미널 내 외부트럭 대수)



<그림 5-31> 각 시나리오별 터미널 내 외부트럭의 최대 대수 비교

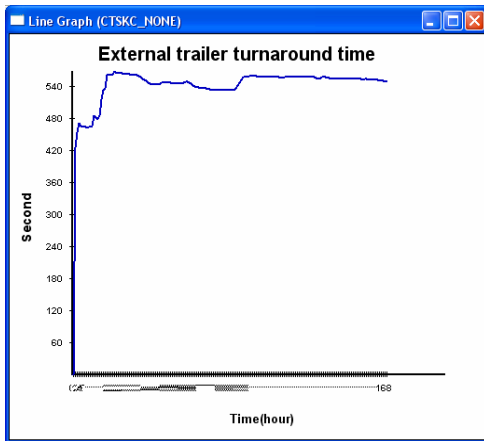
각 시나리오별로 터미널 내에 작업대기 중인 외부 트럭의 최대 대수를 비교하여 볼 때, 시나리오 1의 경우처럼 사전에 외부트럭이 도착하는 정보가 정확치 않아 Gate 도착시 작업을 준비하는 방식일 경우 최대 43대가 존재한다. 이에 반해, 시나리오 4와 같이 2시간 이전에 정확한 도착정보가 통보되어 야드에서 작업준비를 한 경우에는 30대 이내로 줄어들어 약 30%가 감소하였다. 5시간 전에 도착정보가 통보되어 지속적으로 정확한 도착정보가 업데이트되는 경우는 20대

로 줄어들어 시나리오 2 대비 50%이하로 감소됨을 알 수 있다.

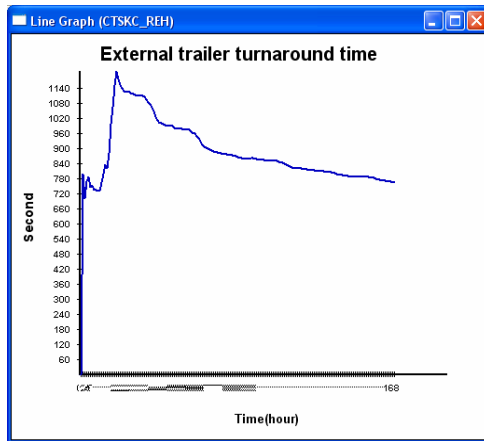
나. 외부트럭 Turnaround time 분석

야드의 생산성과 관련하여 <그림 5-32>에서 <그림 5-39>까지에 나타난 결과는 터미널 야드 내에서 작업 중인 외부트럭의 Turnaround time을 표시한 것이다.

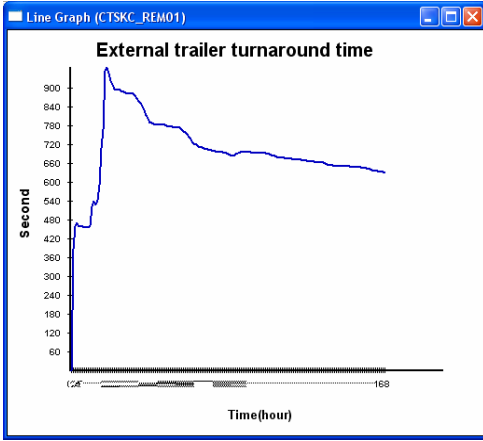
각 그래프의 X축은 시간의 경과를 의미하고 Y축은 외부트럭의 Turnaround time을 의미하는 것이다. 주어진 처리물량과 야드 시스템부분의 시뮬레이션과 연동하여 도출된 값으로 Gate In하여 야드 내에서 작업을 마치고 Gate Out되는 외부트럭의 터미널 내 체류시간을 산출함으로써 시나리오별로 야드 내에서 외부트럭의 작업시간이 얼마나 소요되는지 파악이 가능하도록 하였다.



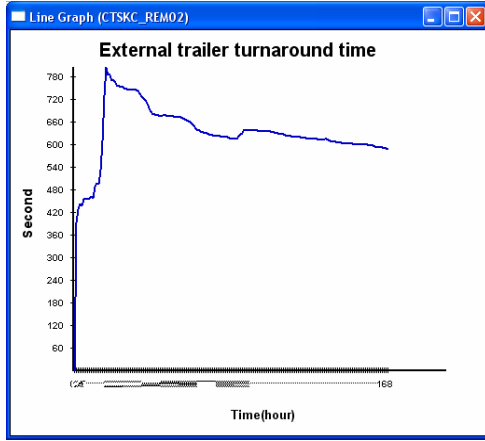
<그림 5-32> 시나리오 1(외부트럭 Turnaround time)



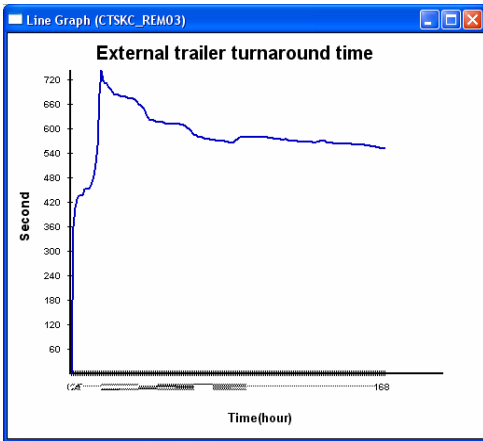
<그림 5-33> 시나리오 2(외부트럭 Turnaround time)



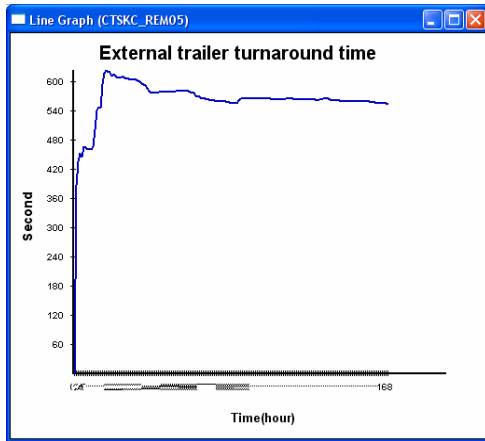
<그림 5-34> 시나리오 3(외부트럭 Turnaround time)



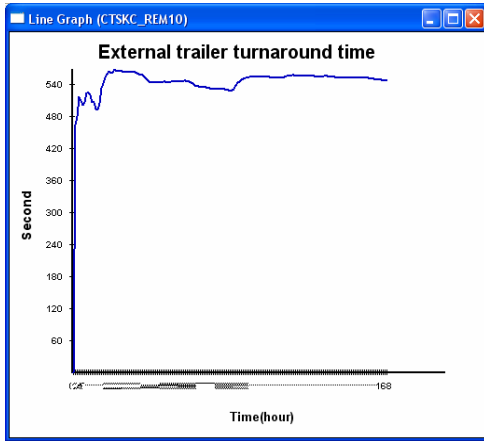
<그림 5-35> 시나리오 4(외부트럭 Turnaround time)



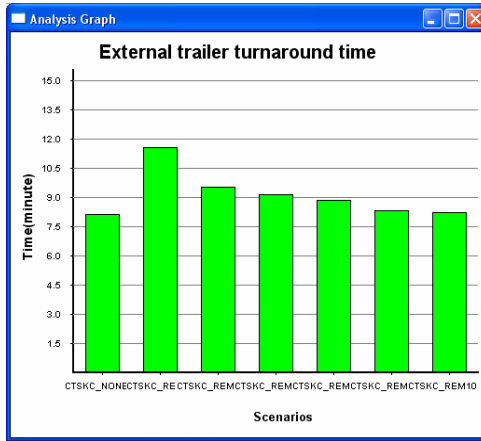
<그림 5-36> 시나리오 5(외부트럭 Turnaround time)



<그림 5-37> 시나리오 6(외부트럭 Turnaround time)



<그림 5-38> 시나리오 7(외부트럭 Turnaround time)



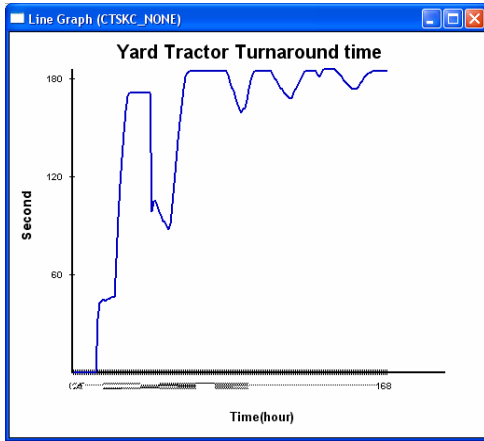
<그림 5-39> 각 시나리오별 외부트럭 최소 Turnaround time 비교

터미널 내의 외부트럭 대수의 비교에서 알 수 있듯이 외부트럭이 터미널 내에 존재하고 있다는 것은 외부트럭이 작업을 완료하지 못하고 터미널 내에서 대기하고 있음을 의미하고 이것은 외부트럭 Turnaround time의 비교로 알 수 있다. 시나리오 1의 경우처럼 사전에 외부트럭이 도착하는 정보가 정확치 않아 Gate 도착시 작업을 준비하는 방식일 경우 최소 12분정도가 소요된다. 반면, 시나리오 4와 같이 2시간 이전에 정확한 도착정보가 미리 통보되어 야드에서 작업준비를 한 경우에는 약 3분정도가 감소된 9분정도가 소요되어 약 25%의 감소 효과가 있는 것으로 나타났다.

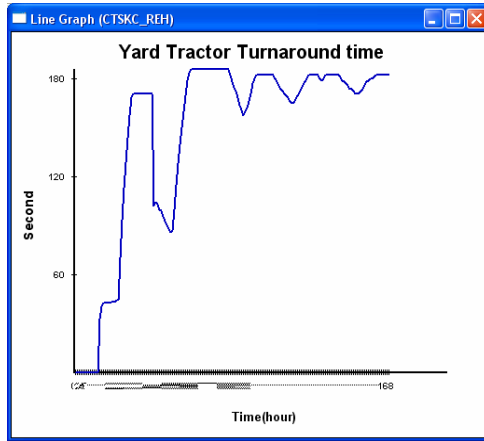
다. Y/T의 Turnaround time

야드의 생산성을 평가하는 자료로 <그림 5-40>에서 <그림 5-47>까지에 나타난 결과는 터미널 야드 내에서 작업 중인 Y/T의 Turnaround time을 표시한 것이다.

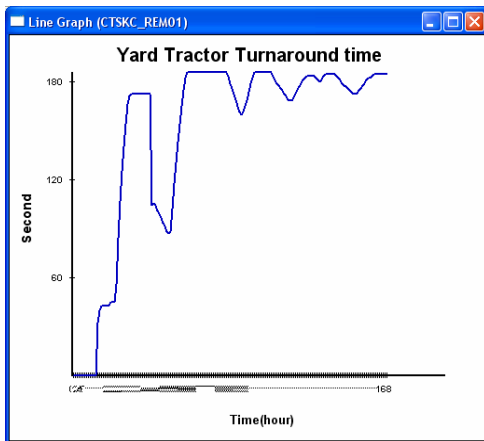
각 그래프의 X축은 시간의 경과를 의미하고 Y축은 야드 내의 Y/T의 Turnaround time을 의미하는 것이다. 주어진 처리물량과 야드 시스템부분의 시뮬레이션과 연동하여 도출된 값으로 T/C로부터 상차받아 G/C의 작업을 완료하고 다시 T/C로 되돌아오는 작업 소요시간을 산출함으로써 시나리오별로 야드 내에서 Y/T의 작업시간이 얼마나 되는지 파악이 가능하도록 하였다.



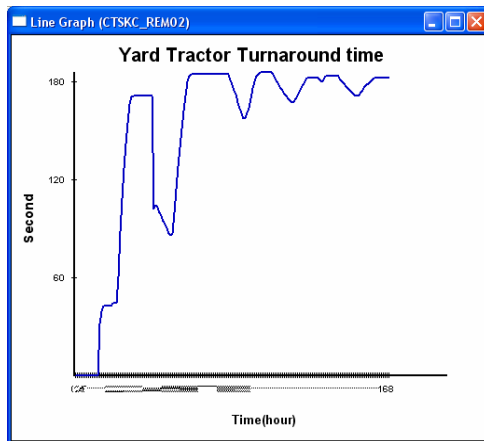
<그림 5-40> 시나리오 1(Y/T Turnaround time)



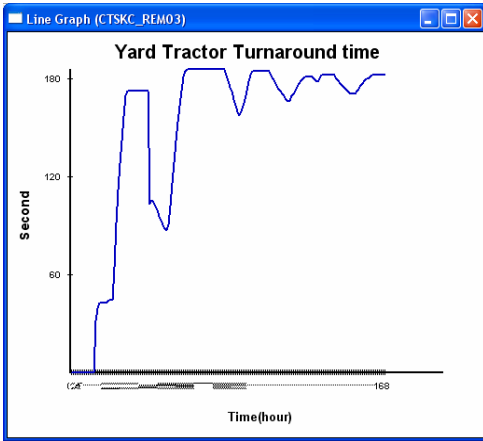
<그림 5-41> 시나리오 2(Y/T Turnaround time)



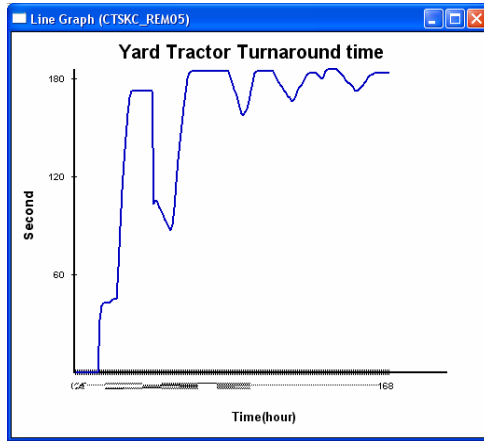
<그림 5-42> 시나리오 3(Y/T Turnaround time)



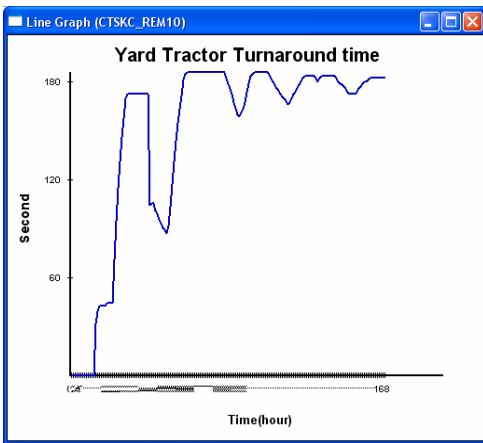
<그림 5-43> 시나리오 4(Y/T Turnaround time)



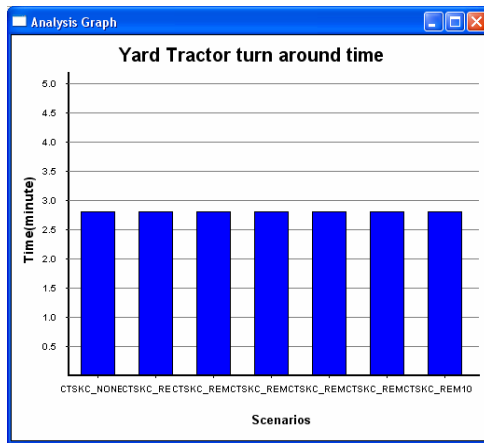
<그림 5-44> 시나리오 5(Y/T Turnaround time)



<그림 5-45> 시나리오 6(Y/T Turnaround time)



<그림 5-46> 시나리오 7(Y/T Turnaround time)



<그림 5-47> 각 시나리오별 Y/T Turnaround time 비교

위의 그래프에 나타나 있는 것처럼 Y/T의 Turnaround Time은 전 시나리오에 걸쳐 동일하게 나타났다. 이는 RFID를 적용하더라도 Y/T의 Turnaround time이 감소하지 않음을 의미한다. G/C에서 약 10초 정도 빠른 양하정보를 얻는다 하더라도 그 시간의 감소폭이 너무 작아 실제적으로 Y/T의 Turnaround time 감소에는 도움이 되지 못한다. 또한, T/C하부의 RFID 리더를 통해 Y/T가 T/C 하부에 도착된 정보를 실시간으로 장비기사에게 통보할지라도 시간의 단

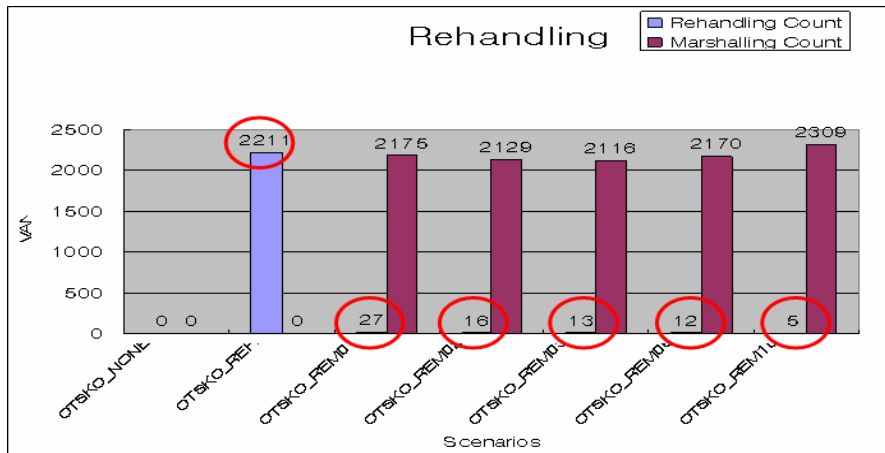
측은 미미하거나 거의 없는 것으로 나타났다.

다음의 <표 5-16>은 앞에서 살펴본 외부트럭과 Y/T의 Turnaround time을 도표화 한 것이며 각 시나리오별로 시뮬레이션한 Rehandling 작업의 결과 값을 제시하였다.

<표 5-16> 이송장비 부분의 시뮬레이션 결과 값

Scenario		Processed Y/T	Y/T Turnaround Time (min)	Processed Trailer	Trailer Turnaround Time (min)	Rehandling Count
S# 1	CTSKC_NONE	5,964	2.81	3,089	8.11	0
S# 2	CTSKC_REH	5,964	2.87	3,135	11.54	2,211
S# 3	CTSKC_REM01	5,964	2.86	3,152	9.51	27
S# 4	CTSKC_REM02	5,964	2.87	3,117	9.18	16
S# 5	CTSKC_REM03	5,964	2.86	3,105	8.89	13
S# 6	CTSKC_REM05	5,964	2.85	3,123	8.39	12
S# 7	CTSKC_REM07	5,964	2.86	3,117	8.20	5

Rehandling 수량에 있어서는 컨테이너 도착시간의 사전인지로 인하여 장치 예정 컨테이너의 공간확보가 가능하여 Rehandling 수량이 감소되었다. 시나리오 2의 경우처럼 Gate 도착시 인지할 경우 2,211회인 반면, 시나리오 3과 같이 Gate 도착 1시간 전에 정확한 도착 시간을 통보하고 계속적으로 컨테이너의 추적이 되는 경우는 27회, 2시간 전에 정확한 도착 시간을 통보하고 계속적으로 컨테이너의 추적이 되는 경우는 16회, 3시간 전에 정확한 도착 시간을 통보하고 계속적으로 컨테이너의 추적이 되는 경우는 13회로 급격히 감소한 것으로 나타났다. 이 표의 Rehandling 결과를 그래프로 나타내면 <그림 5-48>과 같다.



<그림 5-48> 시나리오 별 Rehandling 수량 비교

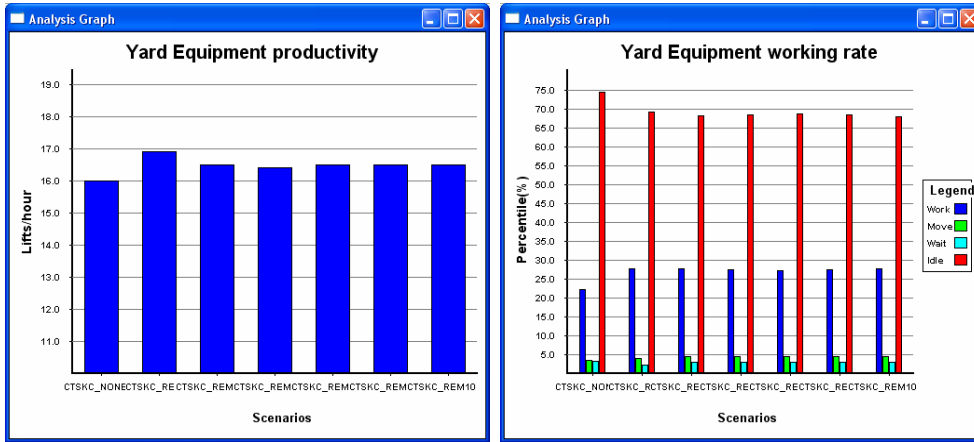
라. T/C 생산성 부분

RFID 적용시 T/C의 생산성과 관련한 지표를 확인하고 위의 Rehandling 감소에 따른 야드 부분의 생산성에 어떤 영향을 미쳤는가의 분석은 아래의 <표 5-17>과 같다. T/C의 Work, Wait, Move, Idle 시간의 평균값을 구하여 각 시나리오별로 비교하였으나 Rehandling의 감소와 연관되어 야드 부분의 다른 요소 변화는 없는 것으로 나타났다.

<표 5-17> Yard 장비 부분의 시뮬레이션 결과 값

Scenario	Mean Work (%)	Mean Wait (%)	Mean Move (%)	Mean Idle (%)	Processed Trailer	Processed Y/T	Rehandling Count	Marshalling Count	Touching Time (Hour)
S#1 CTSKC_NONE	21.4	3.23	3.66	71.71	3,089	5,964	0	0	0
S#2 CTSKC_REH	26.71	2.46	4.05	66.79	3,135	5,964	2,211	0	0
S#3 CTSKC_REM01	26.72	2.94	4.55	65.78	3,152	5,964	27	2,175	0
S#4 CTSKC_REM02	26.50	2.90	4.57	66.02	3,117	5,964	16	2,129	0
S#5 CTSKC_REM03	26.44	2.90	4.45	66.20	3,105	5,964	13	2,116	0
S#6 CTSKC_REM05	26.61	2.98	4.43	65.99	3,123	5,964	12	2,170	0
S#7 CTSKC_REM07	26.89	3.07	4.46	65.58	3,117	5,964	5	2,309	0

아래의 <그림 5-49>와 <그림 5-50>은 위 도표의 각 결과 값을 야드 장비의 생산성과 Working Rate에 대한 그래프로 표시한 것이다.



<그림 5-49> 야드 장비의 생산성비교 <그림 5-50> 야드 장비의 Working Rate 비교

앞의 <표 5-17>은 비율로 표시하였고 아래의 <표 5-18>은 총 작업시간으로 환산하여 나타낸 것이다.

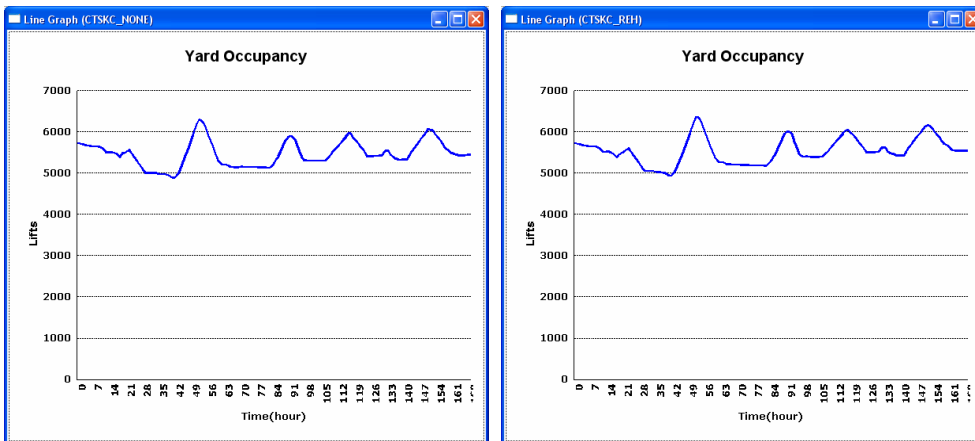
<표 5-18> 야드 장비 생산성 부분의 시뮬레이션 결과 값

Scenario		Work (Hr)	Wait (Hr)	Move (Hr)	Container #	Productivity (Lift/Hr)
S# 1	CTSKC_NONE	431.36	65.14	73.73	3,089	5,964
S# 2	CTSKC_REH	538.46	49.51	81.57	3,135	5,964
S# 3	CTSKC_REM01	538.76	59.27	91.78	3,152	5,964
S# 4	CTSKC_REM02	534.29	58.48	92.17	3,117	5,964
S# 5	CTSKC_REM03	533.11	58.53	89.73	3,105	5,964
S# 6	CTSKC_REM05	536.37	60.04	89.32	3,123	5,964
S# 7	CTSKC_REM07	542.11	61.91	89.92	3,117	5,964

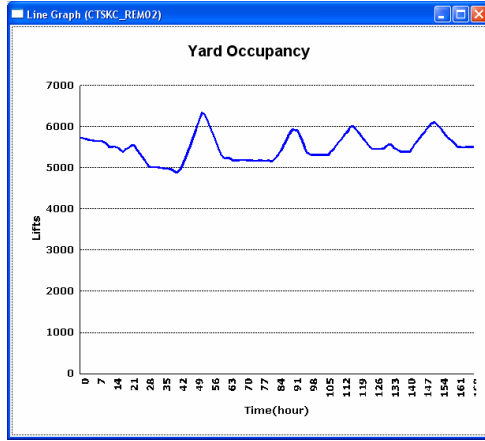
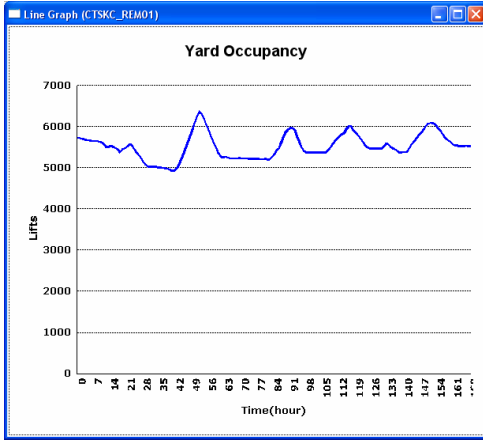
위의 결과와 같이 Yard 장비의 측면에 컨테이너를 인식할 수 있는 장치를 부착한다는 전제를 가지고 있었지만, 컨테이너터미널 운영흐름상 이미 Gate에서 정보를 받아 서버에 전송하여 T/C나 Y/T에 작업지시를 내게 된다. 따라서 결과 그래프에서 확인된 바와 같이 실제적으로 RFID를 적용했을 경우 생산성의 차이는 크게 발생하지 않았다. 반면, 외부트럭도착정보의 사전수신으로 인하여 여유시간에 재조작 작업을 수행함으로써 약 6%의 생산성 향상 효과를 나타내는 것으로 분석되었다. 또한, 각 시나리오별로 야드 장비의 Working Rate는 미미한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

마. 야드 점유율 부분

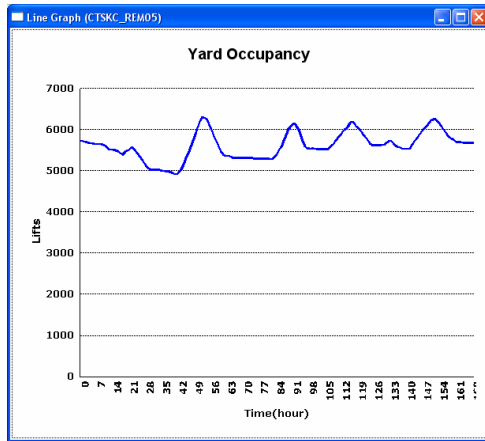
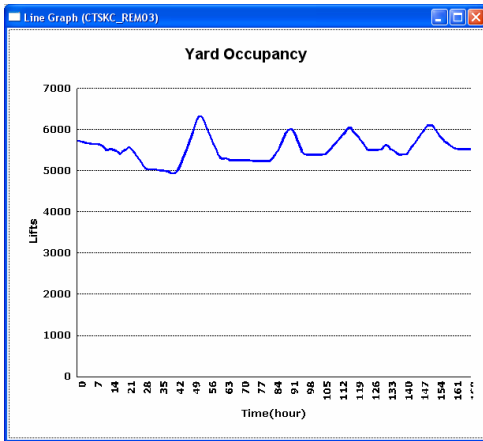
야드 점유율의 측정을 위해서 제시된 물량과 야드 장비를 적용하여 시나리오별로 시뮬레이션을 수행한 결과를 <그림 5-51>에서 <그림 5-57>까지에 나타내었다. 이 역시 각 시간대별로 작업수량을 나타내었고 이 작업량을 점유 비율로 종합하여 분석한 결과를 <그림 5-58>에 나타내었다.



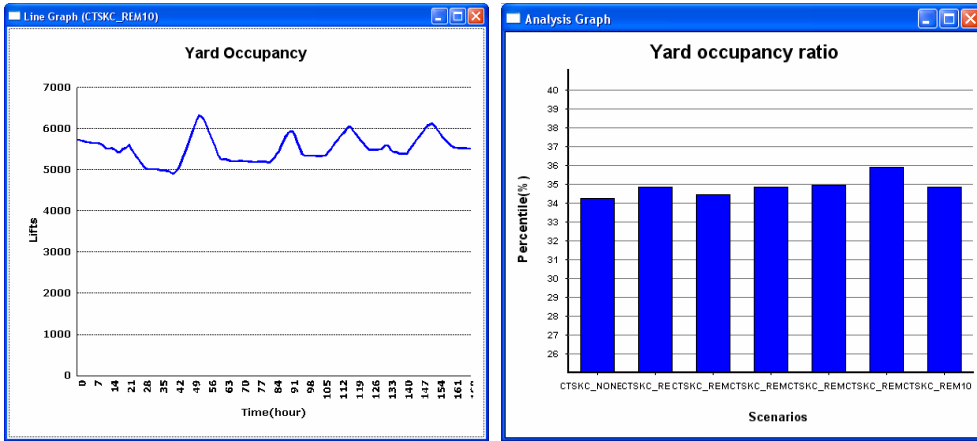
<그림 5-51> 시나리오 1(야드 점유율) <그림 5-52> 시나리오 2(야드 점유율)



<그림 5-53> 시나리오 3(야드 점유율) <그림 5-54> 시나리오 4(야드 점유율)



<그림 5-55> 시나리오 5(야드 점유율) <그림 5-56> 시나리오 6(야드 점유율)



<그림 5-57> 시나리오 7(야드 점유율) <그림 5-58> 각 시나리오별 야드 점유율 비교

터미널 야드 점유부분은 실제적으로 적·양하 물량이 동일하게 제시되어 있으므로 각 시나리오별로 같은 그래프를 표시하고 있다. 그러므로 RFID의 적용여부와 무관하게 야드의 점유율은 비슷한 수준으로 나타났다. 향후 RFID 적용시의 야드 장치장 활용 문제에 있어서는 다양한 방법으로 접근될 것이고, 이를 통하여 선박 적·양하 정보가 실시간으로 고객에 전달된다면 야드의 평균 장치일의 축소를 기대할 수 있을 것이다. 또한, 사전에 컨테이너 도착정보가 야드 장비에 전송되기 때문에 컨테이너 재조작률이 감소할 수 있어 야드 공간의 활용성도 증가될 것이다.

<표 5-19> Yard 점유율 부분의 시뮬레이션 결과 값

Scenario	Block	Mean Occupancy(%)
S# 1	CTSKC_NONE	33.98
S# 2	CTSKC_REH	34.56
S# 3	CTSKC_REM01	34.19
S# 4	CTSKC_REM02	34.56
S# 5	CTSKC_REM03	34.69
S# 6	CTSKC_REM05	35.51
S# 7	CTSKC_REM07	34.56

(2) Yard 시스템의 RFID 도입 시 기대효과

컨테이너를 실은 트레일러가 화주 보세창고, ICD, 톨게이트 등의 주요거점 통과시간을 실시간으로 파악하여 항만 터미널의 예상 반입시간을 사전에 예측함으로써 정확하고 효율적인 장치장 운영 계획 및 T/C의 작업계획 수립이 가능하다. 화주 보세창고, ICD, 톨게이트 등 주요거점의 통과시간이 컨테이너 위치추적 시스템에 실시간으로 수집되면, 컨테이너를 실은 트레일러의 터미널 예상 도착시간을 고려하여 장치장의 효율적인 운영계획 및 T/C의 작업계획을 수립한다. 또한 각종 예외사항 등 계획수립에 영향을 미치는 관련 정보에 대한 신속한 수집을 통한 유연한 대응이 가능하여 효율적인 야드 운영은 물론 장치되는 컨테이너 정보의 상호체크가 가능하여 오선적 및 오반출을 사전에 차단할 수 있다.

RFID와 RTLS(Real Time Location System)를 이용하면 야드 내 장비의 움직임을 실시간으로 파악할 수 있다. 이를 통하여 작업지역에서 가장 가까운 야드 장비에 작업지시를 내림으로써 단시간 내 작업 완료가 가능하므로 야드 생산성의 향상을 기대할 수 있다. 또한 DGPS(Difference Global Positioning System)를 RTLS로 대체함으로써 Yard 장비위치추적 장치의 투자비용 감소도 기대할 수 있다. 컨테이너터미널의 야드 및 안벽 장비에 RFID를 적용할 경우의 구축비용과 비용효과는 아래의 <표 5-20>과 같이 DGPS 대비 25억의 비용절감 효과를 가져 올 수 있을 것으로 예상된다.

<표 5-20> RFID 적용시 DGPS 대체 효과 분석

구 분	서비스 기능	선석당 구축비용	부산·광양 선석 수	전체 구축비용	비용절감
DGPS	컨테이너위치· 장비위치	1.4억	28선석 (장비454 대: Y/T, R/S, F/L)	39억	DGPS 대비 25억의 비용절감 효과
RFID (RTLS)		5천만원		14억	

3) 안벽 시스템 시뮬레이션 결과 및 기대효과

(1) 안벽 시스템 시뮬레이션 분석결과

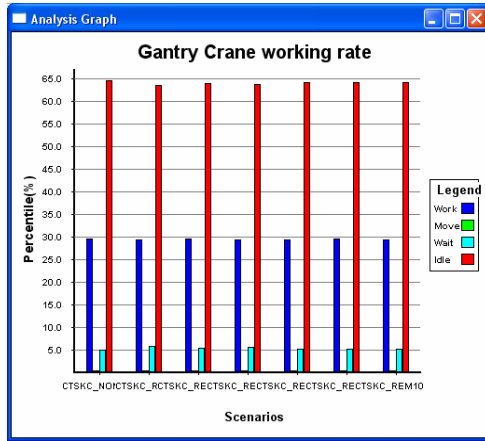
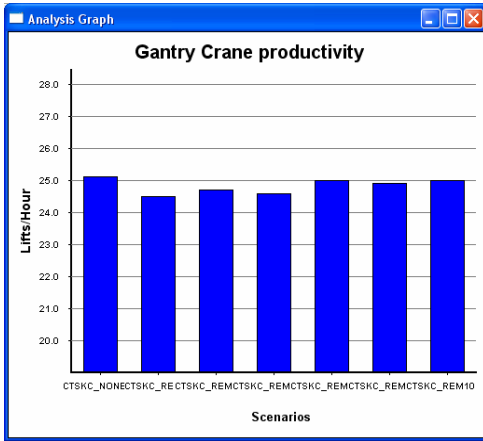
RFID 적용시 안벽의 생산성과 관련한 지표를 확인하고 안벽 시스템 부분의 생산성에 어떤 영향을 미쳤는가의 분석을 위하여 아래의 <표 5-21>과 같이 G/C의 Work, Wait, Move, Idle 시간의 평균값을 구하여 각 시나리오별로 비교하고 G/C의 생산성을 비교하였다.

<표 5-21> G/C 생산성 부분의 시뮬레이션 결과 값

Scenario		Work (Hr)	Wait (Hr)	Move (Hr)	Container #	Productivity (Lift/Hr)
S# 1	CTSKC_NONE	199.05	33.89	4.35	5,964	25.07
S# 2	CTSKC_REH	198.49	40.58	4.35	5,964	24.46
S# 3	CTSKC_REM01	198.97	37.80	4.35	5,964	24.69
S# 4	CTSKC_REM02	198.66	36.58	4.35	5,964	24.57
S# 5	CTSKC_REM03	198.55	36.46	4.35	5,964	24.90
S# 6	CTSKC_REM05	198.93	36.29	4.35	5,964	24.87
S# 7	CTSKC_REM07	198.88	36.25	4.35	5,964	24.90

시뮬레이션 결과, 컨테이너 양하시 RFID 리더를 이용하여 선측에서 컨테이너를 인식한다면 양하 정보를 약 10초정도 빠르게 서버에 전송할 수 있다. 그러나 이러한 시간적 단축은 실제적으로 안벽의 G/C 생산성에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며 각 시나리오별 G/C Working Rate 역시 차이를 나타내지 않고 있음을 알 수 있다.

이렇게 도출된 결과 값을 그래프로 표시한 것이 <그림 5-59>의 G/C Productivity 비교와 <그림 5-60>의 G/C Working Rate이다.



<그림 5-59> G/C Productivity 비교 <그림 5-60> G/C Working Rate 비교

이와는 별도로 연구에서 사용된 각 시나리오별 선석점유율을 나타낸 것이 아래의 <표 5-22>이며 시나리오별 결과 값의 차이는 없는 것으로 확인되었다.

<표 5-22> 선석점유율 부분의 시뮬레이션 결과 값

Scenario	Berth	Mean Occupancy(%)	Total Container	
S# 1	CTSKC_NONE	2	40.28	5,964
S# 2	CTSKC_REH	2	41.56	5,964
S# 3	CTSKC_REM01	2	41.07	5,964
S# 4	CTSKC_REM02	2	41.40	5,964
S# 5	CTSKC_REM03	2	40.64	5,964
S# 6	CTSKC_REM05	2	40.83	5,964
S# 7	CTSKC_REM07	2	40.79	5,964

(2) 안벽 시스템의 RFID 도입 시 기대효과

안벽 시스템의 RFID 도입에 따른 기대효과는 컨테이너의 본선적재시 인력에 의한 선적 확인이 아니라 RFID 시스템에 의하여 선적 작업이 자동으로 확인되므로 인력에 의한 작업 실수를 방지할 수 있으며, 컨테이너의 오선적 여부를 즉시 확인할 수 있는 효과를 가져 올 것이다. 이와는 별도로 화주에게 컨테이너의

선적시간을 즉시 통보하는 대고객서비스 제고 측면과 항만당국이 집계하고 있는 수출입 통계의 실시간 적용 및 적절한 이용에 우선 적용이 가능하다.

다음으로 G/C 1기 당 언더맨(Under Man) 1명이 컨테이너 확인 작업을 수행하고 있으나, G/C 작업시간과 언더맨(Under Man)의 작업시간은 동일하다고 볼 수 있다. 따라서 부산항과 광양항의 2002년 미주 컨테이너 물량을 대상으로 G/C에 부착한 RFID 리더로 컨테이너 선적확인 작업을 자동수행하게 되면, 크레인 작업시간을 이용하여 Under Man의 작업시간과 소요 인력을 산출하였을 때 아래와 같이 1일 21명의 인력절감 효과를 가져 올 수 있다.

<표 5-23> 컨테이너 크레인 작업자의 인력 절감 효과

미주 물량 (2002년기준)	크레인 시간당 평균생산성	크레인 작업시간	작업공수 (8시간 기준)	효과	비용절감
1,480,373VAN (VAN환산계수 1.5)	24VAN	1,480,373/24 = 61,682	7710공수	일일 21명의 인력절감 가능	1인(3천 만원/년)기준 연간 6.3억원의 비용절감 효과

4) 시뮬레이션 종합분석

앞에서 각 부분으로 나누어진 시뮬레이션 결과를 종합적으로 분석하면 <표 5-24>와 같이 나타낼 수 있다.

<표 5-24> 시뮬레이션 종합결과

Scenario	Gate 통과시간(Sec)		Turnaround time (Min)		Container 재조작 (회)	점유율(%)		대기시간(Hr)		G/C 생산성 (개/Hr)	
	In	Out	외부트럭	Y/T		야드	선석	Y/T	G/C		
S#1	CTSKC_NONE	22.24	19.96	8.11	2.81	0	33.98	40.28	65.14	33.89	25.07
S#2	CTSKC_REH	29.20	23.23	11.54	2.87	2,211	34.56	41.56	49.51	40.58	24.46
S#3	CTSKC_REM01	22.69	19.79	9.51	2.86	27	34.19	41.07	59.27	37.80	24.69
S#4	CTSKC_REM02	22.75	19.87	9.18	2.87	16	34.56	41.40	58.48	36.58	24.57
S#5	CTSKC_REM03	22.58	19.98	8.89	2.86	13	34.69	40.64	58.53	36.46	24.90
S#6	CTSKC_REM05	22.37	19.91	8.39	2.85	12	35.51	40.83	60.04	36.29	24.87
S#7	CTSKC_REM07	22.61	19.82	8.20	2.86	5	34.56	40.79	61.91	36.25	24.90

우선 Gate 시스템의 시뮬레이션 결과, RFID를 이용하였을 때 Gate의 통과시간이 반입시에는 약 7초(23%), 반출시에는 4초(15%)정도 단축되었다. 또한, 사전도착정보가 계속적으로 업데이트되지 않고 Gate에서 최종 도착정보를 확인했을 경우 2,211개의 장비 재조작이 발생하였다. 그러나 컨테이너가 도착하기 1시간 전에 실시간으로 인지하였을 경우에는 컨테이너가 Gate에 도착하기 전에 여유 시간을 이용하여 컨테이너를 이적해 놓음으로써 외부트럭이 컨테이너터미널에 진입한 이후 재조작을 행한 횟수가 27개(약 1%)로 대폭 감소한 것으로 분석되었다. 이러한 결과로 인해 내부 Y/T의 Turnaround time에 영향을 주지 않으면서도 외부트럭의 Turnaround time이 약 2분(19%)정도 감소하는 것으로 분석되었다.

다음으로 Yard 시스템의 시뮬레이션 결과, Yard 활용도 부분은 컨테이너터미널 플래너의 주관적인 판단에 의하여 Yard가 이용되므로 시뮬레이션으로 분석하기에는 고려되어야 할 요소가 너무 많아 분석이 이루어지지 않는 못하였다. 하지만, Yard 장비의 재조작률 감소와 이를 통한 Turnaround time의 감소는 야드 활용률이 높아질 수 있음을 충분히 증명하는 것으로 판단된다. 실제로 Yard에서 안벽의 생산성 향상은 G/C와 T/C의 하부와 상부에 리더를 이용하여 RFID 태그를 인식하더라도 생산성에는 큰 변화가 없는 것으로 분석되었다. 그러나 야드와 선석에 RFID를 적용함으로써 나타나는 생산성 향상 요소는 향후 적용될 RTLS(Real Time Location System)의 활용과 Y/T에 장착될 작업 수신용 단말기 혹은 PDA의 핸드 터미널과 연계되면, 추가적인 생산성 향상을 기대할 수 있다. 특히, 터미널 운영상의 생산성 요소뿐만 아니라 RFID를 도입함으로써 얻어지는 인력과 오관율 감소 등을 고려한다면, RFID 시스템의 도입은 다양한 부분에서 적용되고 활용될 것이다.

제6장 결론 및 향후 연구방향

6.1 결론 및 시사점

선박 대형화와 선사간 인수합병 및 전략적 제휴, 선사전용터미널 확보 등의 추세에 따라 선사간, 항만간, 수송수단간 경쟁이 심화되고 있다. 이러한 경쟁상황에서 각 항만들은 광범위한 항만시설과 장비의 확충, 항만정보시스템의 효율화, 항만서비스질의 향상, 선박 재항시간 단축, 항만하역비용과 선박입출항 비용 할인, 불륨인센티브 등 다양한 정책을 시행하고 있다. 특히 선사 유치노력 가운데에서 컨테이너터미널들은 운영상의 문제점들을 도출하고, 이러한 문제를 해결해 나감으로써 컨테이너터미널의 비생산적 요소를 제거하는 데 노력하고 있다.

또한, 최근 유비쿼터스시대가 도래함에 따라 전 산업부문에 걸쳐 유비쿼터스 환경에 맞는 운영시스템을 구축하고, 각 기업 내의 여러 요소들을 RFID/USN 기술로 연계·적용함으로써 시스템 운영을 더욱 편리하고 효율적으로 활용하고 있다. 더불어 항만물류 분야에서도 더욱 효율화된 항만물류 환경을 구축하고 RFID/USN을 이용한 항만물류의 효율화 방안을 도출하려는 노력들이 이어지고 있다.

본 연구는 이러한 해운항만 환경변화의 중요한 부분을 차지하고 있는 RFID 기술 동향과 항만물류 적용사례들을 조사하였다. 또한 선행 연구들을 고찰함으로써 효율적인 RFID 기술의 적용 가능분야를 도출하고, 이러한 분야에 RFID를 적용함으로써 기대되는 효과를 분석하였다. 이러한 분석을 통해 가능성을 확인한 후 전문가 설문을 통하여 컨테이너터미널의 RFID 적용분야별 중요도를 평가하였고, ANP 분석결과의 한계점과 활용도를 높이기 위해서 시뮬레이션을 수행하였다. 이와 같은 분석결과들을 정리하면 다음과 같다.

우선 ANP 분석을 통해 컨테이너터미널 운영시스템 측면에서의 RFID 적용가능성과 적용가능 분야별 중요도를 분석한 결과, 컨테이너터미널에서의 RFID 적용분야는 Gate 시스템(0.494) 부분이 Yard 시스템(0.223), Shipping 시스템(0.172), 내륙연계 시스템(0.112) 부분에 비해 월등히 중요도가 높은 것으로 분석되었다. 2단계로 RFID 적용분야를 도출할 때 중요하게 고려해야 될 평가기준에 있어서는 터미널 생산성(0.539)이 경제성(0.186), 서비스 수준(0.178), 기술 활용

성(0.097)에 비해 높은 것으로 나타났다. 마지막으로 세부평가항목별 중요도에서는 시간당 처리 능력(0.426)과 야드 공간의 활용성(0.135), 신속 및 적시성(0.115) 순서로 분석되었다. 이러한 업계 전문가 설문을 근거로 시간당 생산성과 장치장 공간 활용성, 장비의 제조작률 등의 제고가 우선되어야 할 것으로 판단된다. 하지만, 전문가들의 업무분야에 따라 ANP 분석을 추가적으로 수행한 결과에서는 분야별로 다소 상이한 결과를 얻을 수 있었다. 이는 전문가별 관점의 차이로 해석될 수 있지만, RFID 적용분야나 평가기준의 중요도를 평가하기에 앞서 거시적 관점에서의 컨테이너터미널 운영시스템에 적용하는 것이 각 시스템간의 연계성 측면이나 효율성 측면에서 더욱 바람직한 것으로 판단된다.

컨테이너터미널의 RFID 적용에 대한 효과분석을 위해 한진 감천터미널에서 2005년도 1년간 운영되었던 실제의 데이터를 토대로 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 위해, 컨테이너가 Gate를 통과하기 전 육상 운송부분에서 RFID와 USN(User Sensor Network)을 이용하여 컨테이너의 이동 경로와 도착예정정보를 실시간으로 제공받음으로써 얻어지는 효과를 분석하였다. 먼저 시뮬레이션으로 도출이 가능한 최적의 컨테이너터미널을 구성하여 최적의 시나리오를 설정하였고, 현행 운영 시스템을 나타내는 여러 가지의 요소와 시뮬레이션을 통해 비교하고자 하는 5가지의 시나리오를 설정하였다. 시뮬레이션의 시나리오는 컨테이너 도착예정시간을 기준으로 1시간, 2시간, 3시간, 5시간, 7시간 전에 도착 예정 정보를 인지하였을 경우에 대해서 각 시스템별로 구분하였다.

그 결과 첫째, Gate 시스템에서의 정량적인 효과는 Gate 반출·입에 소요되는 시간의 단축이 In Gate에서 약 23%, Out Gate에서는 약 15% 정도의 감소율을 보였다. RFID의 적용효과를 단순히 정량적으로만 산출한다면 시간적으로는 약 7초와 약 4초가 단축되는 극히 짧은 시간으로 분석되었다. 하지만, 보안측면이나 컨테이너 반출·입 정보의 인식 및 정확성 확보 등 부수적인 이점에 관점을 둔다면 컨테이너 터미널에서의 RFID 적용효과가 가장 큰 부분이 될 수 있을 것이다. 둘째, Yard 시스템에서의 효과는 단순히 Yard 시스템 자체의 정량적인 효과보다는 외부시스템과 연계되어야만 RFID 적용효과를 누릴 수 있다는 점이다. 특히 외부트럭이 작업을 마치고 Gate를 빠져 나가는 Turnaround time의 감소율이 25%, 이에 따른 외부차량의 터미널 대기대수의 감소가 50%, T/C의 Rehandling은 99%까지 감소하는 것으로 나타나 정량적인 효과는 가장 큰 것으로 나타났다.

이에 부가하여 정확한 컨테이너 이동정보의 실시간입수는 Yard 점유율 측면에서도 상당한 변화가 있을 것으로 판단되지만, Yard 점유율은 컨테이너터미널 운영자의 장치장 계획기법에 따라 많은 차이가 있고 그 효과가 정량적으로 도출될 수 없다는 것이 아쉬운 부분으로 남았다. Yard에 장치된 컨테이너위치의 정확한 확인과 Yard 장비위치의 실시간 확인은 투자비용뿐만 아니라 생산성 향상차원에서 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것이다. 셋째, 안벽 시스템부분에서는 RFID 시스템을 통한 생산성 향상효과는 크게 대두되지 않았으나 선적·하역 작업의 오작업 제거와 인력의 감소부분에서 그 효과가 기대된다. 또한 정확한 하역정보의 제공은 할당된 Yard 장비의 작업부하 배분과 동선의 최소화 등에 효율적으로 활용할 수 있을 것이다. 이러한 예측은 T/C의 대기율 증가와 G/C의 대기율 감소 결과에서 확인할 수 있다. 이는 Y/T의 효율적인 이용뿐만 아니라 같은 조건하에서 T/C 대기율의 증가는 궁극적으로 T/C 소요 대수의 감소를 기대할 수 있기 때문이다. 마지막으로 시뮬레이션 결과에서 나타난 것과 같이 컨테이너터미널의 내부시스템에만 RFID를 적용한다면 그 효과를 정량적으로 산출하기에는 미미한 수준이 될 것이다. 따라서 외부의 내륙연계시스템에 RFID를 동시에 적용하여 컨테이너의 정확한 도착정보를 실시간으로 제공한다면 컨테이너터미널의 생산성 향상에 기여할 것이다. 따라서 내륙연계시스템과 컨테이너터미널 운영시스템과의 통합 운영이 우선되어야 할 것이다.

본 연구의 결과를 바탕으로 컨테이너터미널의 RFID 적용 시사점을 제시하면, 첫째, 컨테이너터미널에서 RFID를 적용함에 있어서 가장 우선순위를 두어야 할 곳은 컨테이너의 인·수도를 원활하게 할 Gate부분으로서 기존의 바코드 시스템과 OCR 방식(컨테이너 번호인식 시스템)의 단점을 해소할 수 있다. 특히, Gate 반·출입의 시간 단축과 더불어 인력의 감소가 가능하여 적용 가능성이 가장 큰 분야로 판단된다. 둘째, RFID의 효과는 컨테이너터미널 내부뿐만 아니라 RFID/USN을 이용한 컨테이너 이동정보의 사전 인지를 통해 극대화 할 수 있기 때문에 내륙 운송수단의 컨테이너 이동정보 파악을 위한 내륙 거점의 RFID 인프라 구축도 중요하다. 셋째, RFID와 USN으로 대표되는 유비쿼터스 시스템을 이용함으로써 장비의 제조작물 및 야드 공간의 활용도를 높일 수 있고, 야드 장비의 이동상황을 인지함으로써 장비의 이동거리를 최소화할 수 있는 방안이 도출된다. 따라서 RFID와 RTLS 및 Y/T 내의 작업명령수신 단말기 등의 동시

구축을 통해서 좀 더 높은 생산성 향상을 추구해야 할 것이다. 넷째, 터미널 운영 관점에서는 생산성이나 경제성에 비해 중요도가 낮지만 RFID/USN 시스템을 이용하여 컨테이너 정보의 실시간 전달을 제공함으로써 대고객서비스 제고를 고려해야 할 것이다. 마지막으로 ANP 분석의 RFID 평가기준에서 중요도가 가장 낮다고 분석된 보안 및 안전성 요인은 향후 강화될 컨테이너 보안 문제를 고려하면 절대 간과해서는 안 될 것이다. 특히, 미국 세관이 통관부분에서 RFID 시스템이 적용되지 않은 컨테이너에 대해서는 전수 검사를 요구한다면 통관지연이 불가피할 것이다. 이러한 통관지연 등의 문제들로 인하여 수출입 리드타임이 길어진다면 국제물류 및 운송시스템에 심각한 영향을 줄 것이므로 향후 컨테이너 보안 관점에서의 체계적인 접근이 필요하다.

6.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구에서는 기존 연구의 한계에서 벗어나기 위해 RFID 적용분야와 평가기준을 ANP 분석을 통해 도출하고, 시뮬레이션을 통해 계량화된 효과분석도 수행하였다. 그러나 계량화된 효과분석을 제시함에 있어 다음과 같은 한계점 및 문제점을 내포하고 있다.

첫째, RFID 시범사업과 관련한 실제 데이터를 활용하였기 때문에 특정 컨테이너터미널을 대상으로 하였다. 즉, 특정 터미널이 가지고 있는 시설 및 장비적인 측면의 특징 등을 모두 제거하지 못했기 때문에 계량화된 효과를 일반화시키기에는 추가 분석이 요구된다. 둘째, RFID 도입에 따른 여러 효과는 항만물류 전 부분에서 발생하게 되는데, 본 연구에서는 연구의 범위를 컨테이너터미널 내부에만 한정시켜 실제 나타날 수 있는 중요한 효과들을 간과한 부분이 있다. 따라서 시간적·공간적 연구의 범위를 확대하여 추가 분석이 이루어져야 할 것이다. 셋째, ANP 분석을 통해 RFID 적용분야와 평가기준의 중요도를 도출하였지만 전문가의 업무분야에 따라 상이한 결과가 도출되어 합리적 의사결정을 내리기 위한 목적에 다소 어긋난 경향이 있다.

따라서 추후 연구에서는 컨테이너터미널 전반적인 운영시스템에 동시적용 방안을 모색하고, 각 시스템간의 연계성 측면이나 효율성 측면을 추가적으로 고려하는 것이 필요하다.

또한, 본 연구의 시뮬레이션을 보다 객관적으로 수행하기 위해서는 RFID를 이용할 수 있도록 제반 시스템의 개선과 개발이 수행되어야 할 것이다. 구체적으로 터미널 운영 시스템과 육상 운송시스템의 연계를 고려한 서비스 네트워크의 구축이 되어있어야 RFID 기반 컨테이너터미널 운영이 가능하게 될 것이다. 이 RFID가 적용된 터미널 운영시스템은 기존의 방식에서 단순하게 반·출입 예정정보만을 관리하여 예정정보의 수신 및 관리, 반출·입 관리의 시스템만을 구축·운영한 것과는 달리, RFID 적용을 위해서 장치계획 관리와 야드 모니터링, 특수 컨테이너관리 등의 시스템이 게이트관리시스템, 선적관리시스템, CFS관리시스템과 연계되어야 할 것이다.

세부적으로는 첫째, 장치관리계획에 있어서 컨테이너의 장치계획, 로케이션 관리, 컨테이너 적재, 이적작업 및 재고 관리 측면에서 RFID를 이용한 인터페이스의 적용이 필요할 것이며 둘째, 야드 모니터링 시스템은 컨테이너별 장치현황과 로케이션별 장치정보가 RFID 시스템과 연계하여 자동으로 장치위치를 확인하도록 해야 한다. 셋째로는 특수컨테이너의 특별 관리를 위하여 냉동 컨테이너 및 위험화물의 관리, 사이즈별·타입별 관리 등을 통하여 야드 작업 시간의 단축을 고려하여야 한다. 넷째, 이러한 RFID 시스템의 적용은 컨테이너터미널의 운영시스템 뿐만 아니라 터미널 운영업체, 운영자, 선사, 운송사, 화주 등의 시스템을 전체적으로 연계·구축한다. 마지막으로 연계 시스템과 별도로 내륙 운송 중에 차량 및 컨테이너의 이동을 실시간으로 추적할 수 있는 Global Container Tracking System을 운영하여 각 거점 통과 정보를 종합적으로 관리하고 이해관계자에게 즉시 전달하는 체계를 갖추어야 유기적이고 전체적인 최적화가 적용된 운영 시스템이 될 것이다.

참고문헌

1. 금종수(1998), “목포 신항만의 터미널 운영시스템에 따른 CY 소요면적 산정에 관한 연구”, 한국항만학회지 12권, 1호, pp.35~46.
2. 김태원, 유주영, 김현, 곽규석, 남기찬 (2006), “항만 경쟁구조 분석”, 한국항만학회지 30권, 6호, pp.509~515.
3. 김현(1988), “시물레이션에 의한 부산 컨테이너터미널의 체계적인 방안”, 한국해양대학교 석사학위 논문
4. 남기찬, 곽규석, 신재영, 김우선(1998), “컨테이너터미널 증장기 계획 수립을 위한 시물레이션 모형 개발”, 한국해양대학교 부설 물류연구센터 Working Paper, pp.98~101.
5. 유승렬(1997), “시물레이션에 의한 컨테이너 물류시스템의 분석에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위 논문
6. 임진수(1991), “컨테이너터미널 능력산정에 관한 연구”, 해운산업연구원
7. 장성용, 박진우(1988) “시물레이션 기법을 이용한 컨테이너터미널의 운영시스템 결정”, 산업공학 제1권, 제1호, pp.49~62.
8. 최장립, 남기찬(1999), “자동화 컨테이너터미널 통합운영시스템의 개념적 설계”, 한국해양대학교 부설 물류연구센터 논문집, 3권, 1999.12, pp.25~38.
9. 한국컨테이너부두공단(2004), 상하이(대소양산) 및 북중국 항만의 발전이 미치는 영향과 대응방안 연구
10. 해양수산부(2005), RFID 기반 항만물류 정보화 전략계획 수립
11. 해양수산부(2005), RFID 기반 항만물류효율화 사업, 완료보고서
12. Alex K. Jones, Raymond Hoare, Swapna Dontharaju, Shenchih Tung, Ralph Sprang, Joshua Fazekas, James T. Cain and Marlin H. Mickle(2006), “An Automated, FPGA-based Reconfigurable, Low-power RFID Tag”, Microprocessors and Microsystems, Available Online 6 April 2006.
13. Ballis, A. Abacoumkin, C.(1995), “A Container Terminal Simulation

- Model with Animation Capabilities”, *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 30. No. 1, pp.37~57.
14. Ballis, A. Golias, J. Abakoumkin, C.(1997), “A comparison between conventional and advanced handling systems for low volume container maritime terminal”, *Maritime Policy and Management.*, Vol. 24, No.1, pp.73~92.
 15. C. M. Roberts(2006), “Radio Frequency Identification, *Computers & Security*”, Vol. 25, Issue 1, pp.18~26.
 16. Containerisation International Online(2005)
 17. Containerisation International, May. 2005.
 18. E. W. T. Ngai, T. C. E. Cheng, S. Au and Kee-hung Lai(2005), “Mobile Commerce Integrated with RFID Technology in a Container Depot”, *Decision Support Systems*, Available Online 16 June 2005.
 19. Edmond, E.D.(1976), “Operating Capacity of Container Berths for Scheduled Services by Queue Theory”, *Dock and Harbor Authority*, November, 1976.
 20. Hamalainen, R.P. and Steplinen, T.O.(1986), “The Analytic Network Process in Energy Polish Planing,” *Socio-Economic Planing Sciences*, Vo.. 20, pp. 99-105.
 21. Harry K. H. Chow, King Lun Choy, W. B. Lee and K. C. Lau(2006), “Design of a RFID Case-based Resource Management System for Warehouse Operations, *Expert Systems with Applications*”, Vol. 30, Issue 4, pp.561~576.
 22. Hwang, C. C.(1978), “Analysis of Container Port through System Simulation”, Ph. D dissertation, North Carolina State University, Raleigh, N. C.
 23. John Ayoade(2006), “Security Implication in RFID and Authentication Processing Framework”, *Computers & Security*, Vol. 25, Issue 3, pp.207~212.

24. Jongchul Song, Carl T. Haas, Carlos Caldas, Esin Ergen and Burcu Akinci(2005), "Automating the Task of Tracking the Delivery and Receipt of Fabricated Pipe Spools in Industrial Projects", *Automation in Construction*, Vol. 15, Issue 2, pp.166~177.
25. Junichi Yagi, Eiji Arai and Tatu Arai(2005), "Parts and Packets Unification Radio Frequency Identification(RFID) Application for Construction", *Automation in Construction*, Vol. 14, Issue 4, pp.477~490.
26. Karen Coyle(2005), "Management of RFID in Libraries, *The Journal of Academic Librarianship*", Vol. 31, Issue 5, pp.486~489.
27. Kenneth H. Doerr, William R. Gates and John e. Mutty(2006), "A Hybrid Approach to the Valuation of RFID/MEMS Technology Applied to Ordnance Inventory", *International Journal of Production Economics*, Vol. 13, Issue 2, pp.726~741.
28. Kim, Hyun & Kim, Yul-Sung(2006), "A Study on Efficient Gate System Based RFID at the Container Terminal", *International Journal of Navigation and Port Research*, Vol.30, No.4, pp.277~283.
29. Meade, Laura M. and Sarkis Joseph(1998), "Strategic Analysis of Logistics and Supply Chain Management Systems using the Analytical Network Process," *Transportation Reserch Part E*. Vol 34(3), pp. 201-205.
30. Meade, Laura M. and Sarkis Joseph(2002), "A Conceptual Model for Selection and Evaluating Third party Reverse Logistics Provider," *Supply Chain Management, An International Journal*, Vol. 7(5), pp. 283-295.
31. Matthew J. B. Robshaw(2006), "An Overview of RFID Tags and New Cryptographic", *Information Security Technical Report*, Vol. 11, Issue 2, pp.82~88.
32. N. C. Wu, M. A. Nystrom, T. R. Lin and H. C. Yu (2006), "Challenges to Global RFID Adoption, *Technovation*", Vol. 26, Issue 12, pp.1317~1323.

33. Novaes, A.G.N.(1972), "An Appraisal of Queueing Model for the Solution of Port Capacity Problem", Commodity Transportation and Economic Development Laboratory, M.I.T., Cambridge, Mass
34. Paul M. Goodrum, Matt A. McLaren and Adam Durfee(2006), "The Application of Active Radio Frequency Identification Technology for Tool Tracking on Construction Job Sites", Automation in Construction, Vol. 15, Issue 3, pp.292~302.
35. Payer, H(1999), "Feasibility and Practical Implications of Container Ships of 8,000TEU and Beyond", Terminal Operation Conference & Exhibition, Genoa
36. Pritsker, A. Allan, (1974), "The GASP-IV Simulation Language", John Wiley and Sons, New York
37. Pritsker, A. Allan, (1997), "Simulation with Visual SLAM and Awesim", John Wiley and Sons, New York
38. Pusan Newport Cc., Ltd.(1998), "Pusan Newport Container Terminal Planning Study", Final Report
39. Roberts C. M.(2006), "RFID Tags, Security and the Individual", Computer Law & Security Report, Vol. 22, Issue 2, pp.165~168.
40. Saaty, T.L.(1977), "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures," Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, pp.234-281.
41. Saaty, T.L.(1996). The Analytic Network Process, RWS Publication, Pittsbrugh.
42. Total Soft Bank(2005), Port Simulator System Manual.
43. Wijnolst, N., Schlotens, M., Waals, F.(1999), "Malacca-Max; The Ultimate Container Carrier", Delft University Press.
44. Yamato, H. Koyama, T. Fushimi, A. Tsunoda, T.(1997), "An Analysis and Design of the Container Terminal Based on the Simulation". International Maritime Conference

<부록 I >

컨테이너터미널에서 RFID 적용분야
도출을 위한 설문조사

본 설문은 [컨테이너터미널에서 RFID 적용가능분야 도출]을 위한 전문가들을 대상으로 실시하는 설문입니다.

본 설문에서 정답이란 있을 수 없습니다. 바쁘시겠지만 설문을 읽고 전문가 입장에서 평소에 생각하시고 느끼시는 대로만 응답해 주시면 감사하겠습니다.

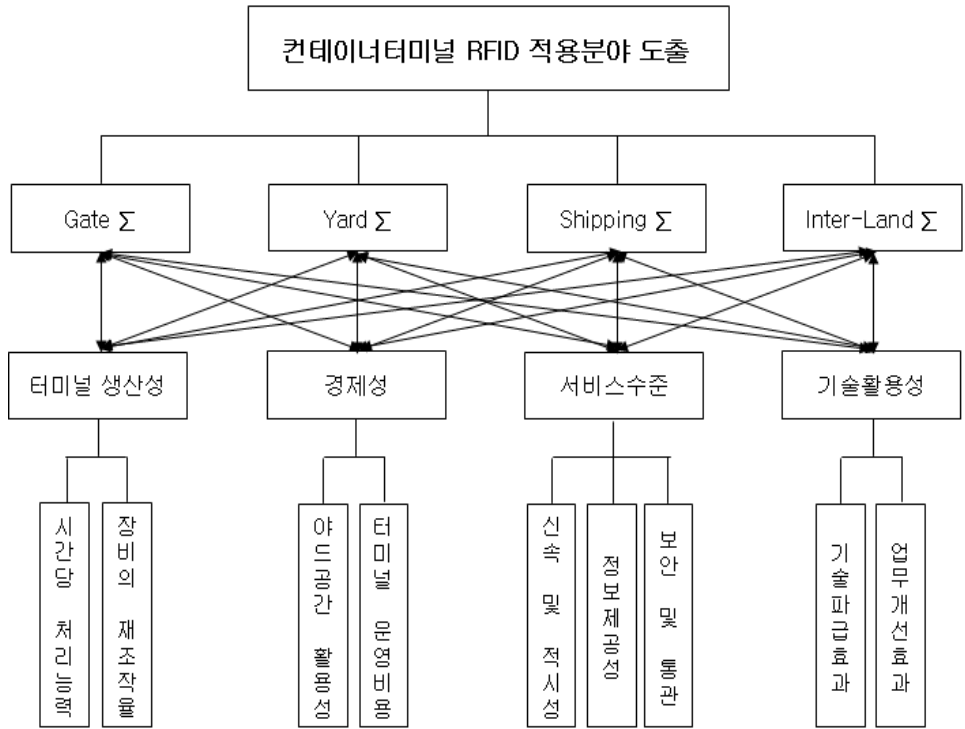
통계법에 의하여 전문가님의 응답내용은 절대 비밀이 보장되며, 본 설문조사 결과는 연구 목적 외에는 결코 사용되지 않음을 밝혀드립니다. 전문가님의 의견은 모두가 귀중한 연구 자료로 활용될 것이므로 성실하게 응답해 주시길 바랍니다. 감사합니다.

2006년 11월
한국해양대학교
동북아물류시스템학과
박사과정 김 현

■ 설문문항의 답변에 앞서 꼭 읽어 주십시오.

본 설문은 ANP(Analytic Network Process)기법을 이용하여, [컨테이너터미널에서 RFID 적용가능분야 도출]을 위한 가중치 산정을 목표로 합니다. 설문조사는 컨테이너터미널을 구성하고 있는 Gate 시스템과 Yard 시스템, Shipping 시스템으로 구분하였으며, 내륙운송 정보와의 연계를 위한 Inter-Land 시스템도 평가하는 것으로 하였습니다. 그리고 첫 단계에서는 터미널 생산성, 경제성, 서비스수준, 기술활용성 측면으로 나누어지며 다시 터미널 생산성은 시간당 처리능력, 장비의

재조작률의 2가지 항목, 경제성 평가는 야드공간 활용성, 터미널 운영비용의 2가지 항목, 서비스수준 평가는 신속 및 적시성, 정보제공성, 보안 및 통관 측면의 3가지 항목으로 나누었으며, 기술활용성 측면은 기술파급효과와 업무개선효과의 2가지 항목으로 나누었습니다. 본 설문지의 계층구조는 <그림 1>과 같습니다.



<그림 1> 효율적 대중교통 수단관리를 위한 방향설정 계층도

<표 1>은 컨테이너터미널에서 RFID 적용분야를 도출하기 위해서 세부평가항목을 설명하는 것입니다. 본 설문의 답변을 위해서는 각 평가항목의 내용에 대한 이해가 반드시 필요합니다.

<표 1> 평가항목에 대한 내용

적용분야 평가지표	세부사항
터미널 생산성 측면	- 시간당 컨테이너 처리능력 - 장비의 재조작률(Rehandling Rate)
터미널 경제성 측면	- 야드(Yard)공간 활용성 - 터미널 운영비용(운영 및 유지비용)
서비스수준 측면	- 신속성 및 적시성 - 정보제공성 - 보안 및 통관
기술활용성 측면	- 기술과급효과 - 업무개선효과

■ 전문가의 일반적 특성 파악을 위한 문항

1. 귀하의 업무분야는? ()
2. 귀하의 근무연수는? ()

■ 컨테이너터미널의 RFID 적용분야 도출을 위한 문항

설명) 평가요소들 간에 **상대적 중요도**를 평가하는 설문입니다. 아래의 예를 참고로 하여 전문가님께서 생각하시기에 둘 사이의 평가항목 중 어떤 항목이 얼마나 중요한지에 대해 답변하여 주십시오. 짝수의 평가점수는 그 사이 값을 의미하고 있습니다.

예제) A의 평가요소와 B의 평가요소가 있을 경우, 평가요소 A가 평가요소 B보다 매우 중요와 절대중요사이 정도로 판단되시면, 아래와 같이 평가항목 A방향의 8에 표기하시면 됩니다.

평가항목	상대적 중요도																		평가항목
	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요										
A	9	⑧	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	B	

1. 컨테이너터미널 RFID 적용분야 중에서 **터미널 Gate 시스템**의 적용 가능성을 평가함에 있어 터미널 생산성 측면과 경제성 측면, 서비스수준, 기술활용성에 대한 **상대적 중요도**를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	경제성
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
서비스 수준	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성

2. 컨테이너터미널 RFID 적용분야 중에서 **Yard(장치장) 시스템**의 적용 가능성을 평가함에 있어 터미널 생산성 측면과 경제성 측면, 서비스수준, 기술활용성에 대한 **상대적 중요도**를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	경제성
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
서비스 수준	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성

3. 컨테이너터미널 RFID 적용분야 중에서 **Shipping(적·양하) 시스템**의 적용 가능성을 평가함에 있어 터미널 생산성 측면과 경제성 측면, 서비스수준, 기술활용성에 대한 **상대적 중요도**를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	경제성
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
서비스 수준	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성

4. 컨테이너터미널 RFID 적용분야 중에서 내륙운송 정보연계 **Inter-Land 시스템**의 적용 가능성을 평가함에 있어 터미널 생산성 측면과 경제성 측면, 서비스 수준, 기술활용성에 대한 **상대적 중요도**를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	경제성
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
터미널 생산성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	서비스 수준
경제성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성
서비스 수준	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	기술 활용성

5. 앞의 문항과 반대로 터미널 생산성 측면에서 컨테이너터미널 RFID 적용분야를 평가하기 위해 Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, Inter-Land 시스템에 대한 상대적 중요도를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yard 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Shipping 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템

6. 경제성 측면에서 컨테이너터미널 RFID 적용분야를 평가하기 위해 Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, Inter-Land 시스템에 대한 상대적 중요도를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yard 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Shipping 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템

7. 서비스수준 측면에서 컨테이너터미널 RFID 적용분야를 평가하기 위해 Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, Inter-Land 시스템에 대한 상대적 중요도를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yard 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Shipping 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템

8. 기술활용성 측면에서 컨테이너터미널 RFID 적용분야를 평가하기 위해 Gate 시스템, Yard 시스템, Shipping 시스템, Inter-Land 시스템에 대한 상대적 중요도를 평가하는 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yard 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Gate 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Shipping 시스템
Yard 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템
Shipping 시스템	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Inter-Land 시스템

9. 터미널 생산성 측면을 분석하기 위한 평가영역간의 상대적 중요도 비교 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
시간당 처리능력	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	장비의 재제작률

10. 경제성 측면을 분석하기 위한 평가영역간의 상대적 중요도 비교 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
야드공간 활용성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	터미널 운영비용

11. 서비스수준 측면을 분석하기 위한 평가영역간의 상대적 중요도 비교 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
신속 및 적시성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	정보 제공성
신속 및 적시성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	보안 및 통관
정보 제공성	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	보안 및 통관

12. 기술활용성 측면을 분석하기 위한 평가영역간의 상대적 중요도 비교 문항입니다.

평가항목	절대중요	매우중요	중요	약간중요	같다	약간중요	중요	매우중요	절대중요	평가항목								
기술 파급효과	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	업무 개선효과

* 응답해 주셔서 감사합니다. 귀중한 자료로 사용하겠습니다. *

<부록 II>

통합 운영 시뮬레이션 로직

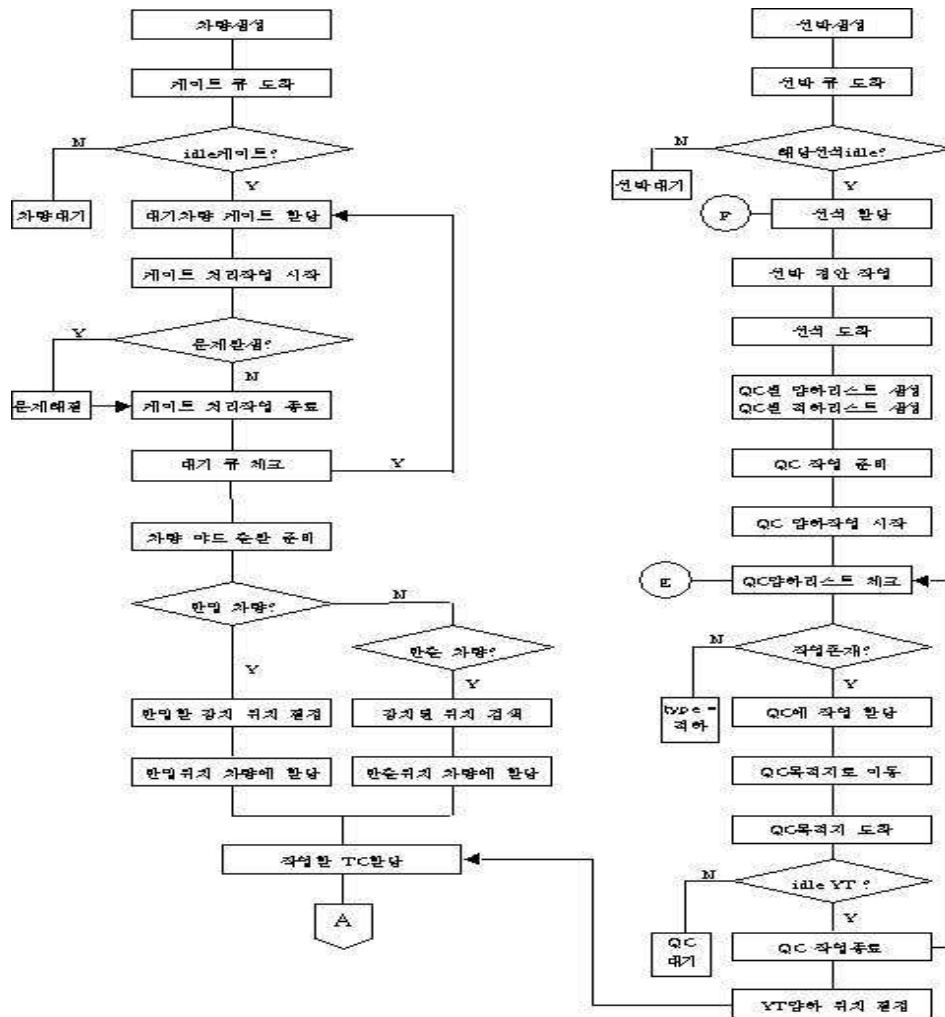
본 연구에서는 이산 사건 시뮬레이션 기법을 이용하여 컨테이너터미널의 통합 시뮬레이션 모형을 개발하였다. 아래와 같은 사건(event)들을 추출해 낸 후 각 운영 안에 맞도록 유기적으로 구성이 가능하다.



<그림 ii-2> 통합 시뮬레이션의 이벤트 추출

1. 통합 시뮬레이션 흐름도 - 선박 및 외부차량 작업

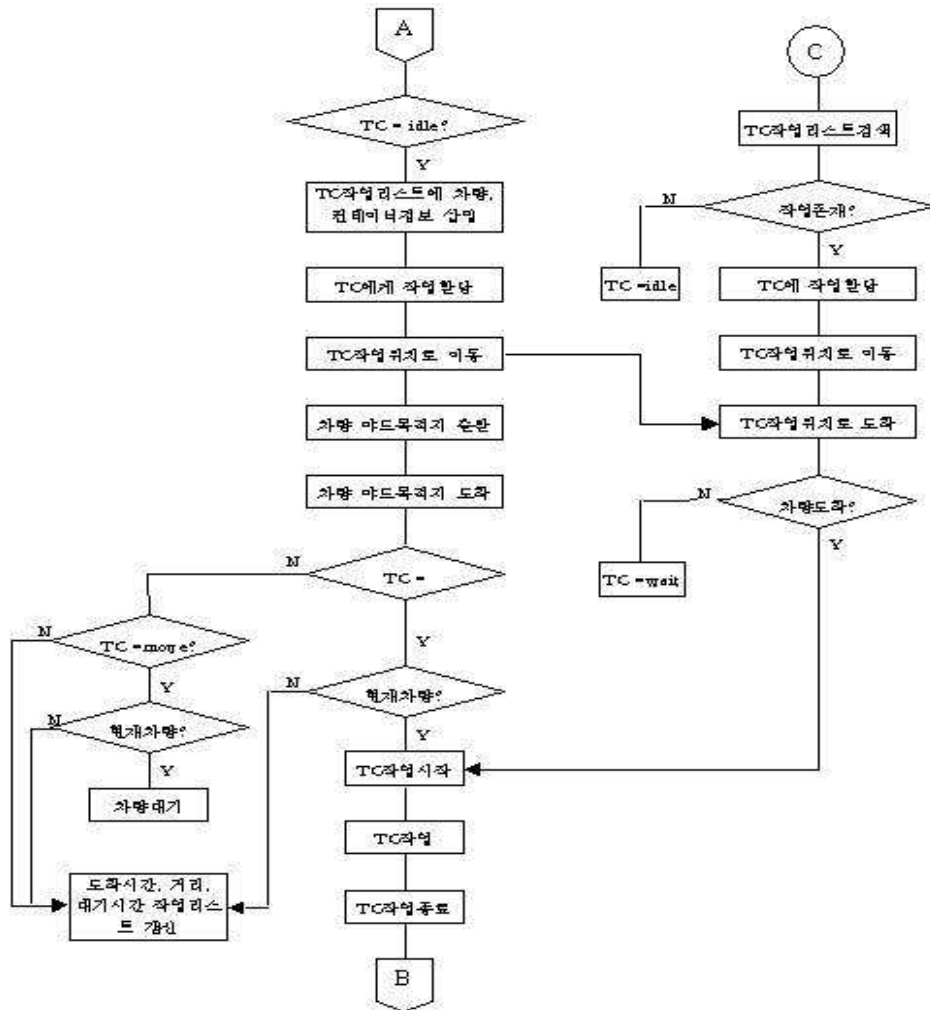
선박 스케줄이 정해지고 나면 야드 마감 시간 이전에 반입 차량이 생성된다. 실제 선박이 선석에 도착한 후 안벽 크레인의 적·양하 리스트가 생성되고, 양하 작업 후, 적하 리스트에 따라 반입된 컨테이너를 장치장 인벤토리 D/B에서 검색한 후 존재하면 적하 한다. 선박 양하 및 적하 작업이 완료되면 선박은 이안하고, 터미널 운영시간에 의한 장치 기간 후에 반출 차량이 생성된다.



<그림 ii-3> 통합 시뮬레이션 흐름도 - 선박 및 외부차량 작업

2. 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 장비 작업 1

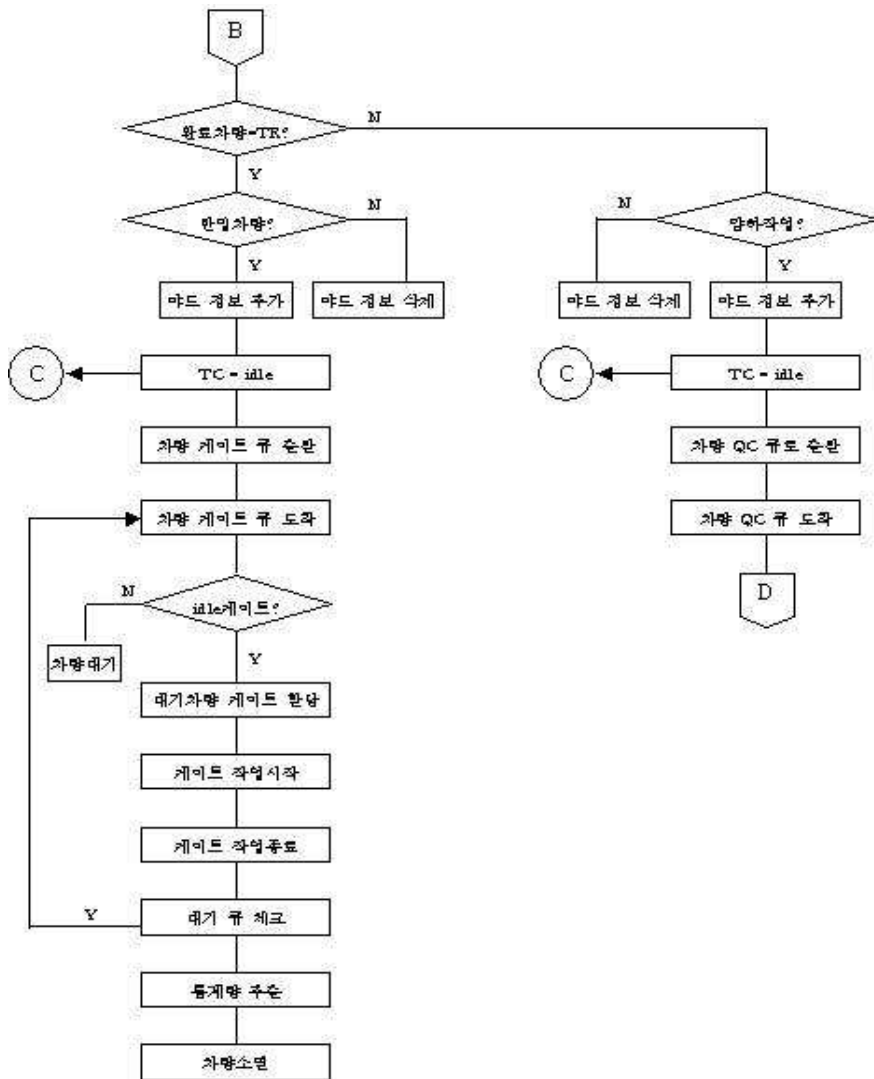
반입·반출 차량 및 적하·양하 차량이 장치할 위치 혹은 적재된 위치를 할당받은 후 야드 작업을 할 야드 장비를 선정 받게 된다. 이때 차량의 작업을 장비의 작업 리스트에 등록한다. 장비는 자신의 작업 리스트에서 첫 번째로 작업해야 할 작업을 터미널 운영전략에 따라 선택하고 작업한다. 장치장 내에서 차량들과 야드 장비의 움직임을 제어한다.



<그림 ii-4> 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 장비 작업 1

3) 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 장비 작업 2

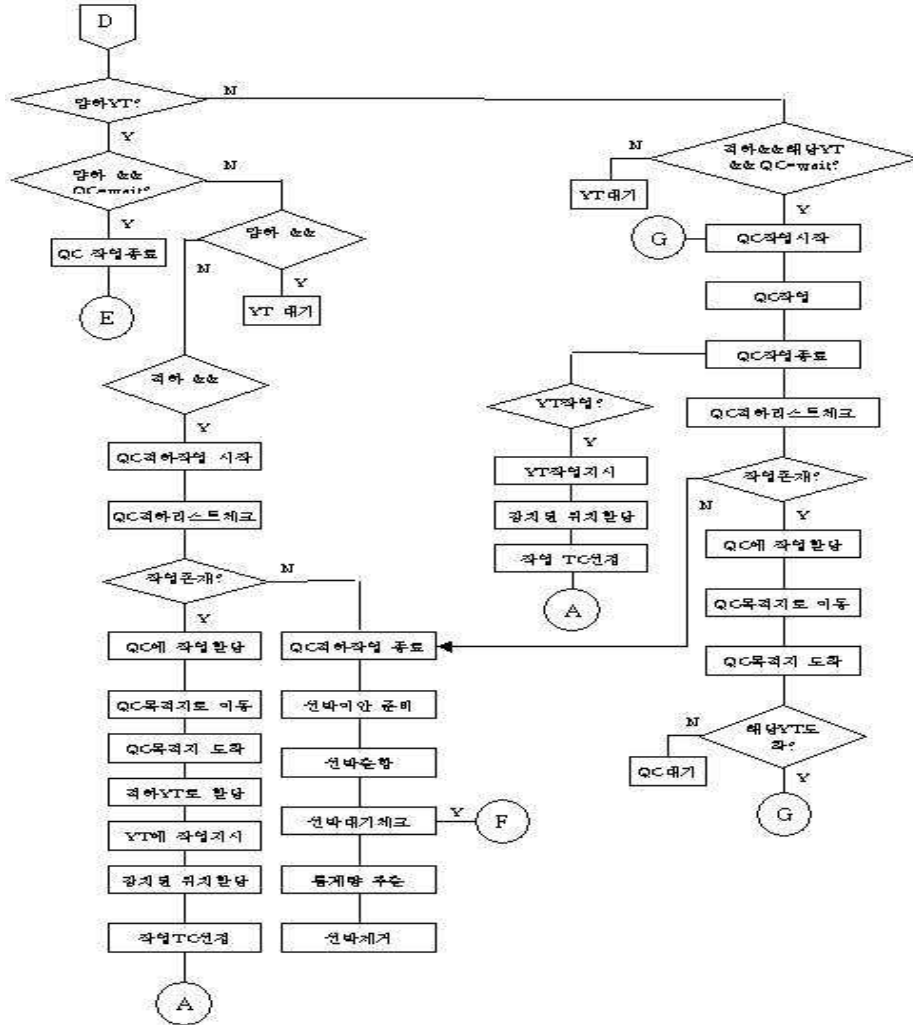
야드 장비가 실제 작업을 종료했을 때 차량들의 타입에 따라 다음 이벤트를 발생시키고, 장비의 다음 작업을 검색한다. 작업 리스트에 작업이 더 이상 존재하지 않으면 상태를 "IDLE"로 할당한다. 다음 차량이 장비 작업리스트에 작업을 삽입할 때까지 대기한다.



<그림 ii-5> 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 장비 작업 2

4) 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 트랙터

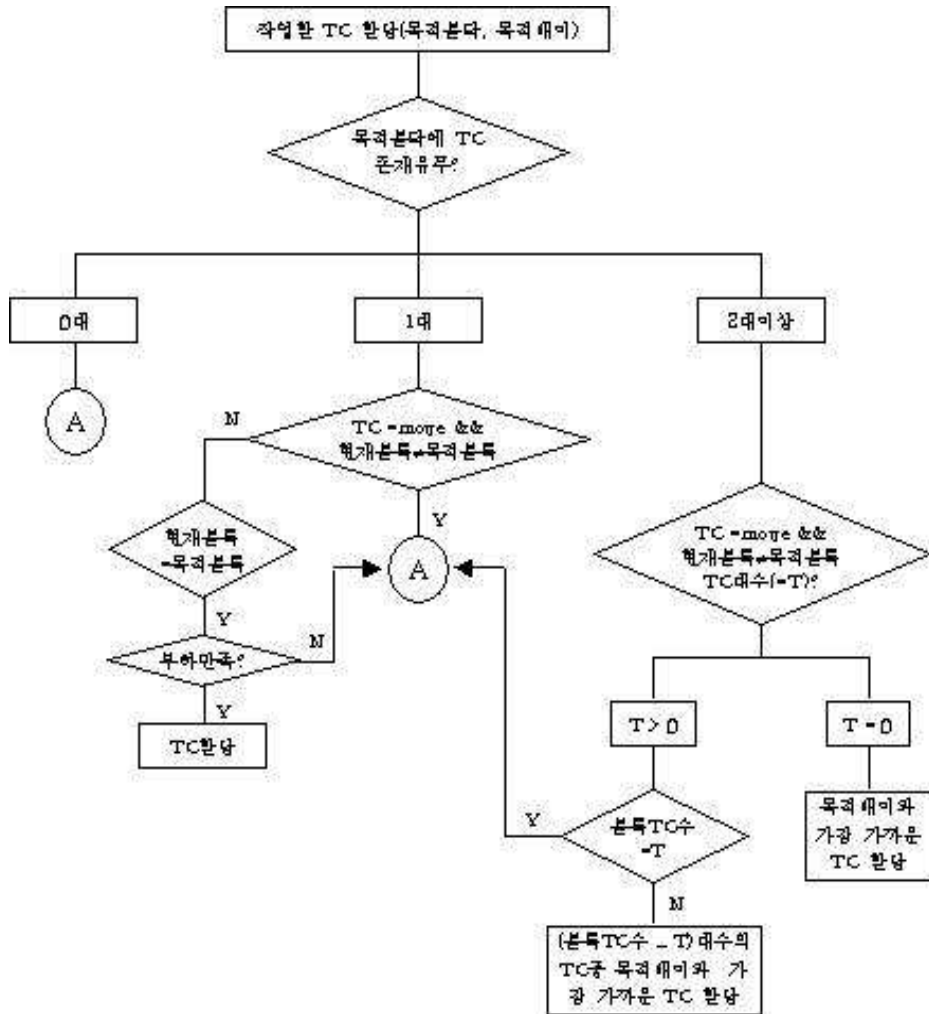
야드 트랙터는 안벽 크레인의 적·양하 작업 리스트에 의해 작업을 지시 받는다. 양하 작업일 때는 FIFO(First In First Out)에 의해 야드 트랙터를 할당하고, 적하 작업일 때는 Priority가 높은 작업을 먼저 처리한다. 야드 트랙터 작업 지시 리스트에 더 이상 작업이 없으면 상태를 "IDLE"로 만들고 다음 작업이 주어질 때까지 대기한다.



<그림 ii-6> 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 트랙터

5) 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 장비 선정

차량의 목적지에 대해서 야드 장비를 할당 할 때 우선 해당 목적 블록에 장비가 존재하는지 체크한다. 존재하지 않을 때와 1대, 2대 이상 존재할 때로 나누고 아래와 같은 절차에 의해 야드 장비의 이동이 최소화 될 수 있도록 작업 장비를 할당한다.



<그림 ii-7> 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 장비 선정

6) 통합 시뮬레이션 흐름도 - 야드 장비의 작업 선정

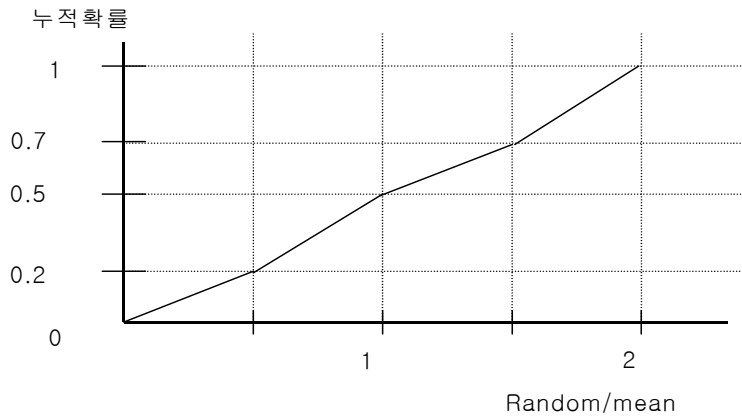
야드 장비의 작업 리스트를 터미널의 운영전략에 따라 정렬한 후 우선 순위를 할당하고, 그중 가장 우선 순위가 높은 작업을 먼저 작업한다. 대표적인 전략으로는 FIFO(First IN First Out), Nearest Job First, YT First, Mixed 등을 들 수 있다.

case 1: // YT first + Nearest first
case 2: // Nearest first
case 3: // FIFO
case 4: // YT first + FIFO
case 5: // Mixed Strategy

<부록 Ⅲ>

시뮬레이션 하역장비 입력 데이터 분석

다양한 하역 장비 및 이송장비의 사양을 입력하는 부분으로서 야드 트랙터, 장치장 크레인, 안벽 크레인 등을 포함하며, 각 장비의 규격, 속도, 생산성 등의 정보를 포함한다.



<그림 iii-1> Equipment Performance Random Variation

컨테이너 하역 장비의 Performance는 장비 자체의 기계적 능력과 장비기사의 능력에 달랐으며, 동일 장비의 경우 후자에 의해 차이가 난다. 실제, 전세계적으로 컨테이너 하역의 경우 90%는 장비 사이클 타임의 차이가 아주 적으며, 10%는 평균보다 긴 것으로 나타났다. 평균 Performance와 확률적인 사이클 타임을 고려하기 위하여 A standard random variation function을 사용한다. 예를 들면, 누적분포함수 커브에 있어서 x 축은 Random process time/Mean process time 을 나타내고 y축은 누적 확률을 나타낸다. 시뮬레이션 모형은 0~100% 범위의 난수를 선택하여 이에 해당하는 x 축을 읽고 여기에 평균 process time을 곱하여 해당 Process time을 구한다.

1. Gantry Crane

안벽 크레인의 속도 및 작업 소요 시간 등이 주요 정보이다. 이 표의 자료를 가지고 G/C 작업 단계 별 소요 시간을 도출하고 이를 바탕으로 하여 G/C의 순생산성을 구할 수 있다.

<표 iii-1> Gantry Crane의 사양

정격하중	60.5	ton	m/s	km/h
Rail Gauge	16	m		
out reach	45	m		
back reach	15	m		
hoisting speed (full load)	60	m/min	1.00	16.6666667
hoisting speed (empty load)	130	m/min	2.17	36.1111111
gantry travel speed	45	m/min	0.75	2.7
trolley travel speed	180	m/min	3.00	50
boom up / down	5	min	300.00	1.38888889

<표 iii-2> G/C 작업 단계별 소요 시간

(단위 : 초)

Task	Mean	Percentiles				
		0%	10%	50%	90%	100%
Pick from Chassis	15	8	11	14	18	38
Set on Chassis	10	5	7	9	12	25
Carry from Ship	73	36	51	65	87	206
Carry to Ship	67	33	47	60	81	193
Hatch	240	constant				
Cones	300	constant				

2. 트랜스퍼 크레인

단순히 왕운동 또는 복운동만을 고려하여 산출된 Net RTG 생산성은 35 Moves/Hr이다. Gantry speed는 1.7m/sec로 일정한 것으로 가정하였다. 샷시는 일반 공로 샷시(Over-the road chassis)와 장치장 샷시(Specialized yard chassis)의 평균 시간을 나타낸다.

<표 iii-3> 트랜스퍼 크레인의 사양

정격하중	40.6	ton		
SPAN	23.5	m		
양정	15.2	m		
Wheel base	7.5	m		
Trolley 횡행 거리	19.1	m		
권상 속도 (정격하중)	17	m/min	0.3	
권상 속도 (스프레더)	34	m/min	0.6	
횡행 속도	70	m/min	1.2	
주행 속도	134	m/min	2.23	8.04
주행 속도(Empty)	90	m/min	1.50	5.4
평균 주행 속도	100	m/min	1.67	6

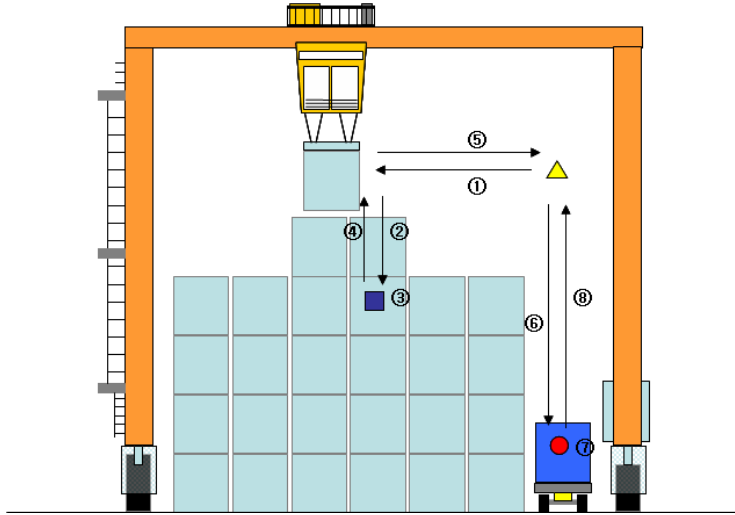
<표 iii-4> Van 작업소요 시간

	양하	적하
Spreader moving time	1.69	1.69
T/C moving time	0.071	0.022
touch screen	0.2	0.2
계	1.961	1.912
생산성	30.5966	31.3808
기계적 생산성	35.50296	35.50296

1) T/C 기본 작업 환경 분석

시뮬레이션에 적용된 컨테이너터미널의 야드 장치장은 6열 5단으로 설정하였다. 또한, T/C의 작업순서는 <표 iii-5>와 같이 나타난다.

(1) 트레일러 상하차 작업시 환경분석



<그림 iii-1> 트레일러 상하차 작업 환경

<표 iii-5> T/C 작업 순서(트레일러 상하차 작업시)

구분	T/C 작업순서
①	TP Pass Tier - Yard Pos Pass Tier (Trolley - Empty)
②	Yard Pos Pass Tier - Yard Pos CNTR (Lowering - Empty)
③	Picking
④	Yard Pos CNTR - Yard Pos Pass Tier (Hoisting - Load)
⑤	Pass Pos Pass Tier - TP Pass Tier (Trolley - Load)
⑥	TP Pass Tier - Chassis Pos CNTR (Lowering - Load)
⑦	Stacking
⑧	Chassis Pos CNTR - TP Pass Tier (Hoisting - Empty)

시뮬레이션에 사용될 T/C 작업 시간을 산출하기 위하여 T/C 작업 여건을 살펴보면 다음과 같다.

가. 야드에 장치된 컨테이너 간의 거리 및 시간의 산출

<표 iii-6> 컨테이너 중심으로부터 차량중심까지의 거리

컨테이너 중심 - 레일 :	2.89	
레일 중심 - 도로끝선 :	2.24	
도로끝선 - 차량중심(3.7) :	1.85	4.09
	6.98	
** Chassis 높이 :	1.5	
Container 높이	2.62	
	4.12	

<표 iii-7> 해당 컨테이너까지 T/C의 권상·권하 거리(X좌표)

Row	1	2	3	4	5	6	TP	
Tier	1	1.22	4.06	6.9	9.74	12.58	15.42	22.4
	2	1.22	4.06	6.9	9.74	12.58	15.42	22.4
	3	1.22	4.06	6.9	9.74	12.58	15.42	22.4
	4	1.22	4.06	6.9	9.74	12.58	15.42	22.4
	5	1.22	4.06	6.9	9.74	12.58	15.42	22.4

<표 iii-8> 해당 컨테이너까지 T/C 스프레더의 권상·권하 거리(Z좌표)

Row	1	2	3	4	5	6	TP	
Tier	1	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	4.12
	2	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	4.12
	3	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86	4.12
	4	10.48	10.48	10.48	10.48	10.48	10.48	4.12
	5	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	4.12
Gap	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		
Pass	16.42	16.42	16.42	16.42	16.42	16.42		

<표 iii-9> 해당 컨테이너까지 T/C 스프레더의 권상·권하 거리 (High Cubic)

Row	1	2	3	4	5	6	TP	
Tier	1	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	4.43
	2	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	4.43
	3	8.79	8.79	8.79	8.79	8.79	8.79	4.43
	4	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	11.72	4.43
	5	14.65	14.65	14.65	14.65	14.65	14.65	4.43
Gap	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		
Pass	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28	18.28		

나. T/C 기본 작업 시간

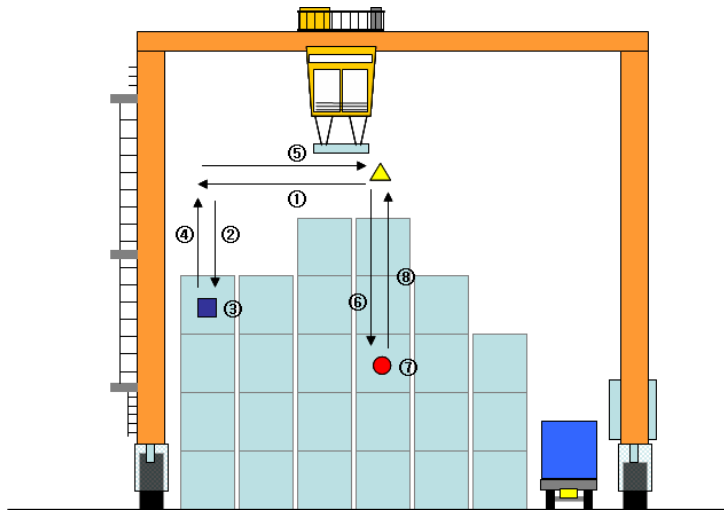
<표 iii-10> Stacking Time

구분	40 T	20 T	Mean
Picking	10	10	10
Stacking	10	10	10
Average	10	10	10

<표 iii-11> T/C 속도 및 작업시간

구분	속도	가속시간	감속시간	가속도	감속도	가속거리	감속거리
Hoisting-Load	0.2833	2	2	0.1417	0.1417	0.2833	0.2833
Hoisting-Empty	0.5667	4.5	4.5	0.1259	0.1259	1.275	1.275
Lowering-Load	0.2833	2	2	0.1417	0.1417	0.2833	0.2833
Lowering-Empty	0.5667	4.5	4.5	0.1259	0.1259	1.275	1.275
Trolley-Load	2	5	5	0.4	0.4	5	5
Trolley-Empty	2	5	5	0.4	0.4	5	5

(2) T/C 리핸들링시 작업 환경 분석



<그림 iii-2> 리핸들링시 작업 환경

<표 iii-12> T/C 작업 순서(리핸들링시)

구분	T/C 작업순서(리핸들링 시)
①	TP Pass Tier - Yard Pos Pass Tier (Trolley - Empty)
②	Yard Pos Pass Tier - Yard Pos CNTR (Lowering - Empty)
③	Picking
④	Yard Pos CNTR - Yard Pos Pass Tier (Hoising - Load)
⑤	Pass Pos Pass Tier - TP Pass Tier (Trolley - Load)
⑥	TP Pass Tier - Chassis Pos CNTR (Lowering - Load)
⑦	Stacking
⑧	Chassis Pos CNTR - TP Pass Tier (Hoising - Empty)

가. 야드에 장치된 컨테이너 간의 거리 및 시간의 산출

<표 iii-13> 컨테이너 중심으로부터 차량중심까지의 거리

컨테이너 중심 - 레일 :	2.89	
레일 중심 - 도로끝선 :	2.24	
도로끝선 - 차량중심(3.7) :	1.85	4.09
	6.98	
블록 내 컨테이너 중간 높이	6.55	

<표 iii-14> 해당 컨테이너까지 T/C의 권상·권하 거리(X좌표)

Row	1	2	3	4	5	6	TP	
Tier	1	1.22	4.06	6.9	9.74	12.6	15.4	9.74
	2	1.22	4.06	6.9	9.74	12.6	15.4	9.74
	3	1.22	4.06	6.9	9.74	12.6	15.4	9.74
	4	1.22	4.06	6.9	9.74	12.6	15.4	9.74
	5	1.22	4.06	6.9	9.74	12.6	15.4	9.74

<표 iii-15> 해당 컨테이너까지 T/C 스프레더의 권상·권하 거리(Z좌표)

Row	1	2	3	4	5	6	TP	
Tier	1	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62	6.55
	2	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	5.24	6.55
	3	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86	7.86	6.55
	4	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	6.55
	5	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	6.55
Gap	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		
Pass	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4		

<표 iii-16> 해당 컨테이너까지 T/C 스프레더의 권상·권하 거리 (High Cubic)

Row	1	2	3	4	5	6	TP
Tier	1	2.93	2.93	2.93	2.93	2.93	4.43
	2	5.86	5.86	5.86	5.86	5.86	4.43
	3	8.79	8.79	8.79	8.79	8.79	4.43
	4	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	4.43
	5	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	4.43
Gap	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Pass	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	

나. T/C 기본 작업 시간

<표 iii-17> Stacking Time

구분	40 ft.	20 ft.	Mean
Picking	5	5	5
Stacking	5	5	5
Average	5	5	5

<표 iii-18> T/C 속도 및 작업시간

구분	속도	가속시간	감속시간	가속도	감속도	가속거리	감속거리
Hoisting-Load	0.2833	2	2	0.1417	0.1417	0.283333	0.283333
Hoisting-Empty	0.5667	4.5	4.5	0.1259	0.1259	1.275	1.275
Lowering-Load	0.2833	2	2	0.1417	0.1417	0.283333	0.283333
Lowering-Empty	0.5667	4.5	4.5	0.1259	0.1259	1.275	1.275
Trolley-Load	2	5	5	0.4	0.4	5	5
Trolley-Empty	2	5	5	0.4	0.4	5	5

2) T/C 작업시간

(1) 트레일러 상하차 작업시 시간산출

<표 iii-19> 트레일러 상하차 작업시 시간분석

Row	1	2	3	4	5	6	Avg.	
Tier	1	202.4	199.5	196.7	193.8	191	187.9	195.211
	2	188.5	185.6	182.8	180	177.1	174	181.341
	3	174.6	171.8	168.9	166.1	163.3	160.1	167.47
	4	160.7	157.9	155.1	152.2	149.4	146.3	153.599
	5			141.1	138.3			139.685
Mean	181.6	178.7	168.9	166.1	170.2	167.1	172.088	
VAN/HOUR							20.9196	
SD							18.52745	

(2) 리핸들링 작업시 시간산출

<표 iii-20> 리핸들링 작업시 시간분석

Row	1	2	3	4	5	6	Avg.	
Tier	1	167	164	161	158	159	163	162.107
	2	153	150	147	144	145	150	148.236
	3	139	136	133	131	131	136	134.366
	4	125	122	120	117	117	122	120.495
	5			106	103			104.16
Mean	146	143	133	131	138	143	138.983	
VAN/HOUR							25.9024	
SD							18.47507	