자동화 컨테이너터미널 통합운영시스템의 개념적 설계

최장림* · 남기찬** · 신재영**

Conceptual Design of Integrated Operation Systems for Automated Container Terminals

Choi, Jang-Rim · Nam, Ki-Chan · Shin, Jae-Young

Abstract

This paper is concerned with the conceptual design of the integrated operation systems for the unmaned container terminals. For this both the current state of the art of the operation systems and customer demand were analysed. Then the objective and direction of the integrated systems were suggested and finally the conceptual design of the systems described briefly. The main focus is put on the basic concept different from the operation systems for the conventional terminals.

1. 서론

국내외 주요 컨테이너 터미널을 중심으로 운영 및 설비의 자동화가 빠르게 진전되고 있다. 특히, 네덜란드 ECT에 이어 일본 가와사키 터미널, 독일 HHLA 등은 무인 자동화 컨테이너 터미널을 건설 중에 있으며, 그 외 국내외 전용 컨테이너 터미널들은 게이트 자동화 등 부분적인 자동화를 상당한 정도로 도입하고 있다.

무인 자동화 터미널의 원활한 운영을 지원하기 위해서는 운영시스템의 자동화를 실현한 통합운영시스템 개발이 필요하다. 이러한 시스템은 소수 정예의 인원으로 운영이 가능하여 인력을 절감할 수 있고, 터미널 생산성을 극대화하며, 장치장 점유율 향상, rehandling 최소화, 장비 이동 거리 최소화, 장비간 간섭 최소화, 외부 차량 turn round time 최소화, double cycle 지원 등 일반적으로 터미널 운영에서 요구되는 사항들을 실현할 수 있어야 한다. 또한 시스템 자체도 안정성과 확장성 그리고 유연성이 높아야 한다.

* (주)토탈소프트뱅크 이사
** 한국해양대학교 물류시스템공학과 부교수

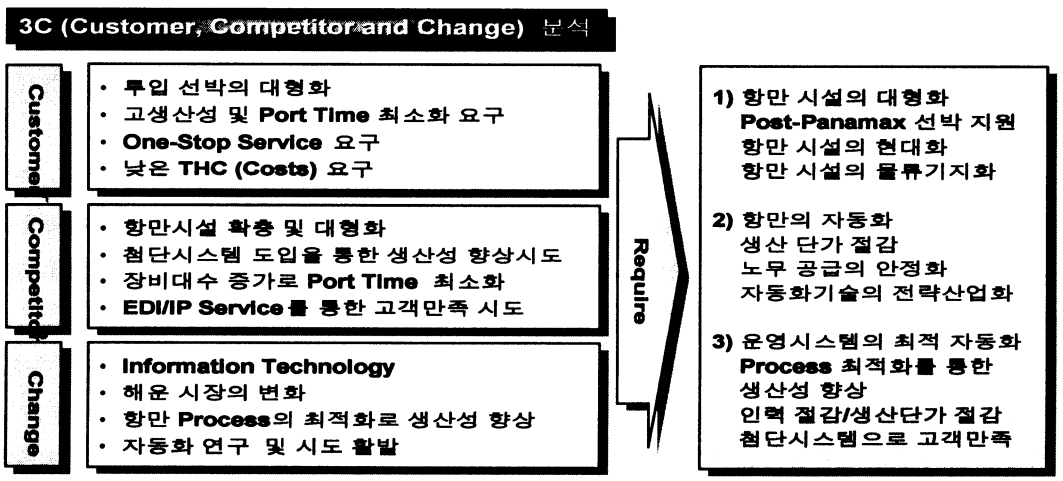
본 연구는 무인 자동화 컨테이너 터미널에서 사용되는 통합운영시스템을 개념적으로 설계하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 컨테이너 터미널의 운영 환경 및 체계를 분석하고, 요소기술 내용 및 동향을 분석하며, 사용자 요구사항을 분석하고, 통합운영시스템의 전체 configuration을 제시하고 각 하부 시스템을 개념적으로 설계한다.

2. 해운 및 항만 환경 변화

1) 항만 환경 분석

국내외 항만 환경 변화를 고객, 경쟁, 변화 측면에서 3C(Customer, Competitor, Change) 분석을 실시하였다. 고객, 즉 선사의 환경변화는 선박 대형화가 빠르게 진전되고 있으며, 이는 체항시간 단축, one-stop 서비스 제공, 하역요율 인하 등을 요구하게 된다. 항만간의 경쟁력 측면은 대형 항만시설이 빠르게 확충되고 있으며, 생산성 향상, 체항시간 단축, 정보시스템을 통한 고객 만족 증대 등을 꾀하고 있다. 가장 뚜렷한 변화로서는 정보 기술(IT)의 변화, 해운 시장의 변화 등을 들 수 있으며, 운영 측면에서는 항만 운영의 최적화로 생산성을 향상시키며, 터미널 자동화를 위한 연구 및 개발이 활발하게 이루어지고 있는 점을 들 수 있다.

이러한 환경 변화는 항만시설의 대형화, 항만의 자동화, 운영시스템의 최적 자동화 등을 요구한다.



〈그림 2-1〉 항만 환경 분석

2) 국내 터미널 운영시스템 분석

국내 터미널의 운영시스템을 자동화 수준을 기준으로 비교 분석하면 〈표 2-1〉과 같다. 양적하계획

dCollection @ hhu

모듈과 작업지시 및 모니터링 모듈을 제외하고 시스템의 각 모듈의 자동화가 극히 미흡한 것으로 나타났다. 특히, 터미널 운영 효율에 큰 영향을 미치는 장치장계획 모듈은 조양상선 터미널을 제외하고는 제대로 운영되지 않는 것으로 나타났다.

〈표 2-1〉 국내 터미널 운영시스템 현황

SYSTEM \ TERMINAL	HBCT	PECT	UCT	한진 해운	대한 통운	조양 상선
자원 계획	X	X	X	X	X	X
선석 계획	X	X	X	X	X	X
장치장 계획	X	X	X	X	X	△
양적하 계획	O	△	X	X	O	△
통합 관제	X	X	X	X	X	△
작업 지시	△	△	△	△	△	O
모니터링	X	X	△	X	△	O
Problem Solving	X	X	X	X	X	△
철송 운영	X	X	-	-	-	-
장비 관리	M	M	M	M	M	M
정산, 통계	M	M	M	M	M	M
EDI	M	M	M	M	M	M

O: 완벽하게 운영 △: 부분적으로 운영 X: Manual 혹은 운영되고 있지 않음 M : Manual System (자동화 해당 없음)

터미널별 시스템 운영 환경은 〈표 2-2〉와 같이 시스템 아키텍처의 경우 HBCT가 host 방식을 채택한 것을 제외하고 모든 터미널이 client server를 채택하고 있다. 서버의 운영시스템 역시 HBCT를 제외하고 Unix를 채택하고 있으며, DBMS의 경우 Oracle이 주로 채택되고 있다. Clustering 소프트웨어는 HACMP가 주로 채택되고 있고, Client 운영체계는 Windows 95이다.

dCollection @ hhu

〈표 2-2〉 시스템 운영 환경 현황

	HBCT	PECT	UCT	한진 해운	대한 통운	조양 상선
System Architecture	Host	Client Server	Client Server	Client Server	Client Server	Client Server
Server O/S	AOS/VS	UNIX (AIX 4.1.3)	UNIX (AIX 4.1.3)	UNIX	UNIX (System 5 R4.0)	UNIX
DBMS	INFOS (ISAM)	ORACLE (7.0)	ORACLE (7.3.2)	OPEN 'M'	INFOMIX	ORACLE (7.3.2)
Clustering S/W	-	HACMP	HACMP	HACMP	CLUSTER	PDB
Client O/S	-	Windows 95	Windows 95	Windows 95	Windows 95	Windows 95

3) 세계 주요항의 자동화 도입 현황

조사 대상 해외 주요 터미널의 경우 모두 게이트 자동화가 이루어졌으며, 실시간 모니터링 역시 자동화가 이루어져 있다〈표 2-3〉. 작업 통제 시스템의 경우 PSA와 ECT가 자동화를 이룬데 비하여 HIT와 Hamburg는 반자동시스템이다. 선석배정, 야드 장치, 선박 적부 등의 계획시스템은 PSA가 전문가시스템을 활용하여 자동화를 이룩한 반면, 그 외 터미널들은 computer aided 수준이거나 option에 의한 반자동 수준이다. 평균 단적수가 2단 이하인 ECT의 경우 야드 장치계획은 수립하지 않는 것으로 나타났다.

〈표 2-3〉 세계 주요항의 운영시스템 기능 및 자동화 정도 비교

	HIT	PSA	ECT	Hamburg
Gate 자동화	O	O	O	O
Real Time 모니터링	자동	자동	자동	자동
작업 통제 시스템	반자동	자동	자동	반자동
선석 배정 계획	Computer Aided	Expert System	Computer Aided	Computer Aided
야드 장치 계획	Computer Aided	Expert System	N/A	Computer Aided
선박 적부 계획	Computer Aided	Expert System	Option에 의한 반자동 수준	Computer Aided

dCollection @ hhu

4) 요소기술 동향

터미널 운영시스템 자동화에 관련되는 요소기술로서는 컨테이너 인식기술, 유무선 통신기술, 서버, 데이터 베이스, 최적화 기술, 모니터링 및 통제 기술 등이 있다. 이들 가운데 인식기술의 경우 영상인식 부문이 인식률 약 90%로서 가까운 장래에 실용화가 가능할 것으로 평가되며, 최적화 기술은 현재 개발 중에 있다. 따라서 요소기술의 경우 통합운영시스템을 개발하는데 문제가 없다고 할 수 있다.

〈표 2-4〉 요소기술 동향

요소기술	Specification	기술개발 단계	적용 부분
컨테이너 인식기술	영상인식 (Camera)	인식률 90%, 2년 이내 실용화가능	Gate Automation, Container Damage check
유선 통신 (Network)	ATM	실용화 단계	내부 Netowork
	Internet	상용화 단계	EDI/IP Service
무선 통신	Wireless LAN	상용화	장비제어/작업지시
Server	Clustering	상용화	Database Server
Database	RDBMS	상용화	Database
최적 자동화 기술	Expert System, Constraint Solving, Simulation Model, Mathematical Model	요소기술 개발 적용기술 개발중	계획 시스템 통합 관제 시스템
작업 Monitoring 및 통제 기술	DCOM	상용화	통합관제 시스템

5) 요구사항 및 CSF

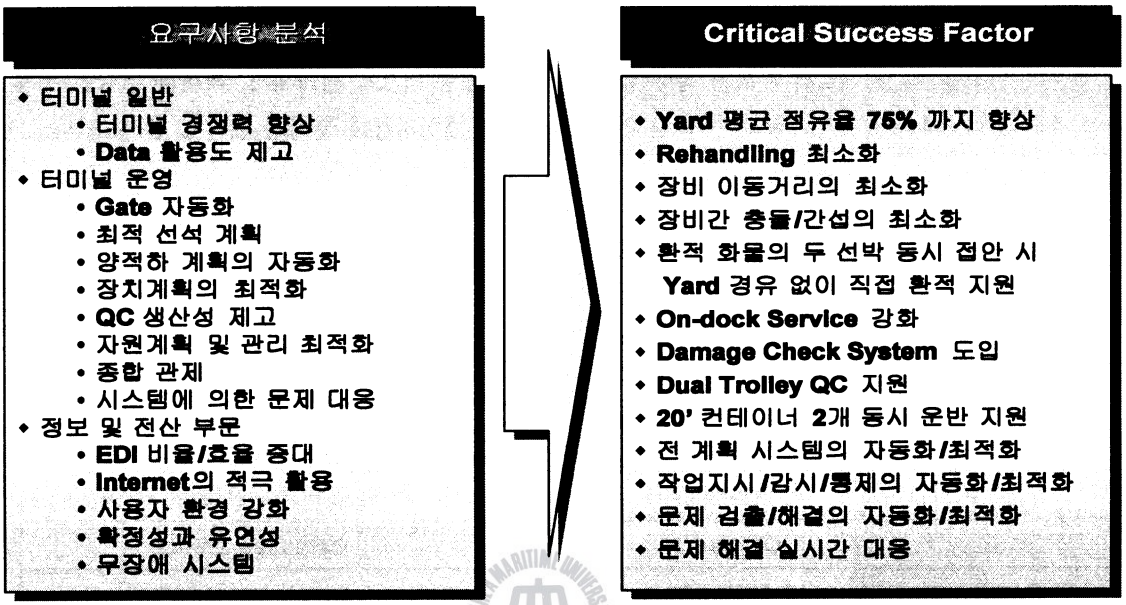
기존 터미널 운영자들을 상대로 운영시스템에 대한 요구사항을 터미널 일반, 터미널 운영, 정보 및 전산부문으로 구분하여 조사하고, 결과를 바탕으로 핵심성공요인(CSF)를 도출하였다〈그림 2-2〉.

요구사항의 경우 터미널 일반 사항에 대해서는 터미널 경쟁력 향상과 제반 운영 관련 데이터 활용도를 높이는 것이 요구되었다. 터미널 운영과 관련해서는 게이트 자동화, 최적 선적계획 수립, 양적하계획의 자동화, 장치계획, 자원계획 및 관리의 최적화, 안벽 크레인 생산성 제고, 종합관제, 시스템에 의한 문제해결 등이 요구되었다. 정보 및 전산부문에 있어서는 EDI 사용 비율을 높이고 효율을 증대시키며, 인터넷 활용을 극대화하고, 사용자 환경을 강화하며, 확장성과 유연성을 높이고 무장애 시스템을 요구하는 것으로 나타났다.

이러한 요구 사항과 기존 시스템의 한계를 바탕으로 핵심성공요인을 도출하였다. 대표적인 것으로서는 장치장 평균 점유율을 70%까지 향상시키고, 두 선박 동시 접안시 환적 화물의 직접 환적을 지원하며, on-dock 서비스를 강화하고, 컨테이너 손상 확인을 지원하며, 20 피트 컨테이너 2개를 동시

dCollection @ hnu

에 운반할 수 있도록 지원하는 것을 들 수 있다.



〈그림 2-2〉 요구사항 및 CSF

3. 시스템 목표 및 개발 방향

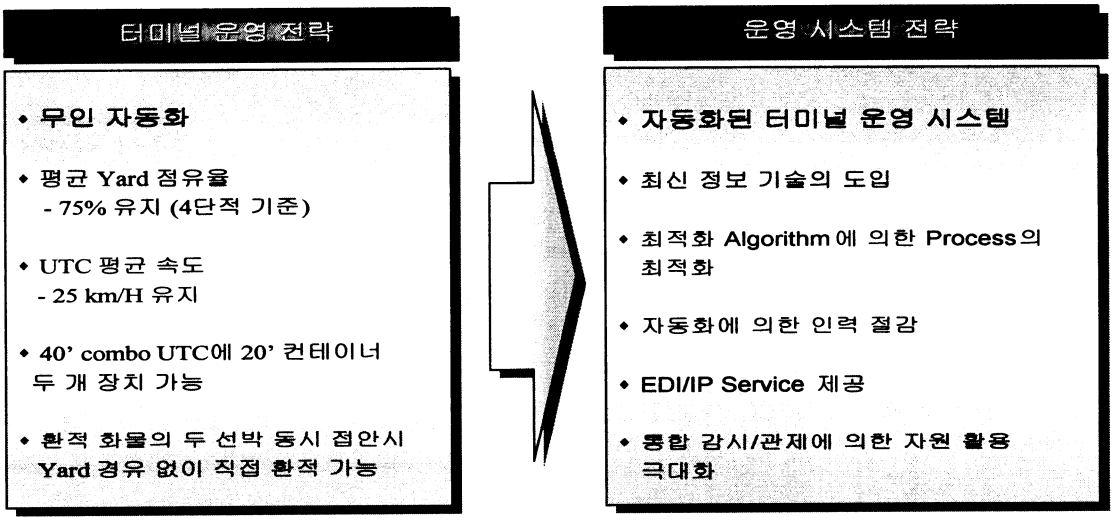
1) 시스템 목표 및 전략

완전 무인 자동화된 컨테이너 터미널의 통합운영시스템을 구축할 때 시스템의 목표는 생산성 극대화, 자원 활용 극대화, 고객 지향의 고품질 서비스 제공, 환경 변화에 대한 유연성과 확장성 확보 등을 들 수 있다.

이러한 목표를 달성하기 위한 터미널 운영전략 및 운영 시스템 전략이 설정되어야 하는데, 터미널 운영 전략으로서는 무인 자동화 달성, 평균 장치장 점유율 75% 달성, 무인운반차(Unmaned Container Transporter: UCT)의 평균 주행 속도 25km/h 달성, 40 피트용 무인운반차에 20 피트 컨테이너 두 개 적재 달성, 두 선박 동시 접안시 환적화물의 장치장 경유 없이 직접 환적 등을 들 수 있다〈그림 3-1〉.

이와 관련된 운영 시스템 전략으로서는 최신 정보기술을 활용하고, 최적화 알고리즘에 의한 process를 최적화하며, 자동화로 인력을 절감하고, 완벽한 수준의 EDI/IP를 지원하며, 통합 감시 및 관제를 통하여 자원 활용을 극대화하는 것으로 설정할 수 있다.

dCollection @ hhu



〈그림 3-1〉 운영 및 시스템 전략

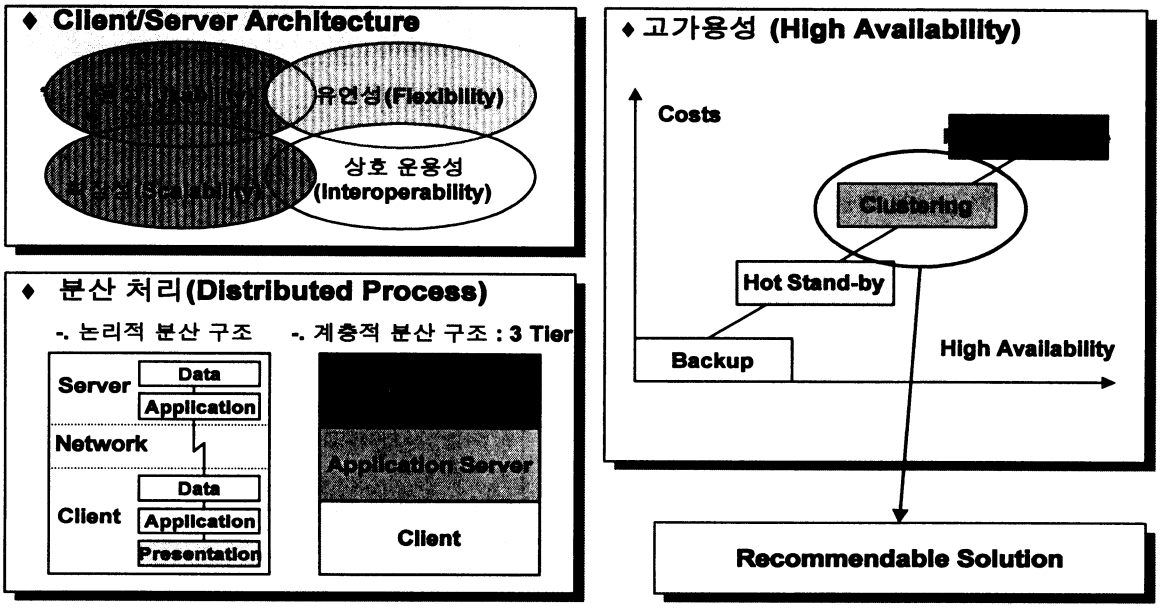
2) 시스템 개발 방향

시스템 architecture는 client/server architecture를 기반으로 하며, 유연성, 운용성 등을 추구하는 것으로 한다. 또한 분산처리 구조를 지향하여 논리적 분산구조와 계층적 분산구조를 따른다. 운용 측면에서는 고 가용성을 추구하며, 비용을 고려하여 적정 수준을 선정한다〈그림 3-2〉.

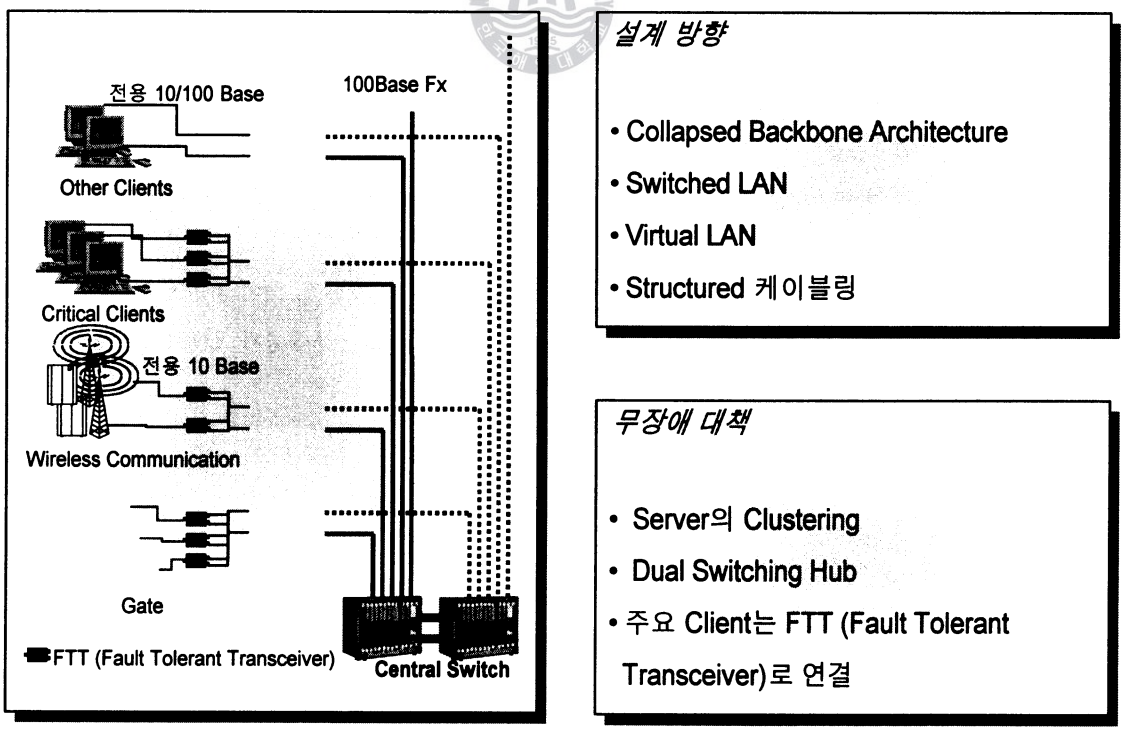
네트워크 설계 방향으로서는 collapsed backbone architecture, switched LAN, virtual LAN, structured 케이브링 등을 채택하며, 무장애 대책으로서 서버의 clustering을 실시하고, dual switching hub를 채택하며, 주요 클라이언트는 FTT(Fault Tolerant Transceiver)로 연결한다〈그림 3-3〉.

데이터 모델링 방법론으로서는 Enterprise 데이터 모델링과 객체 지향적 데이터 모델링 방법을 채택하여 데이터의 재사용성과 시스템의 성능 및 확장성을 향상시키고, 무결성과 일관성을 유지하며, 응답시간을 단축하고 비용 절감 및 유지 관리가 용이하게 한다〈그림 3-4〉.

dCollection @ hhu

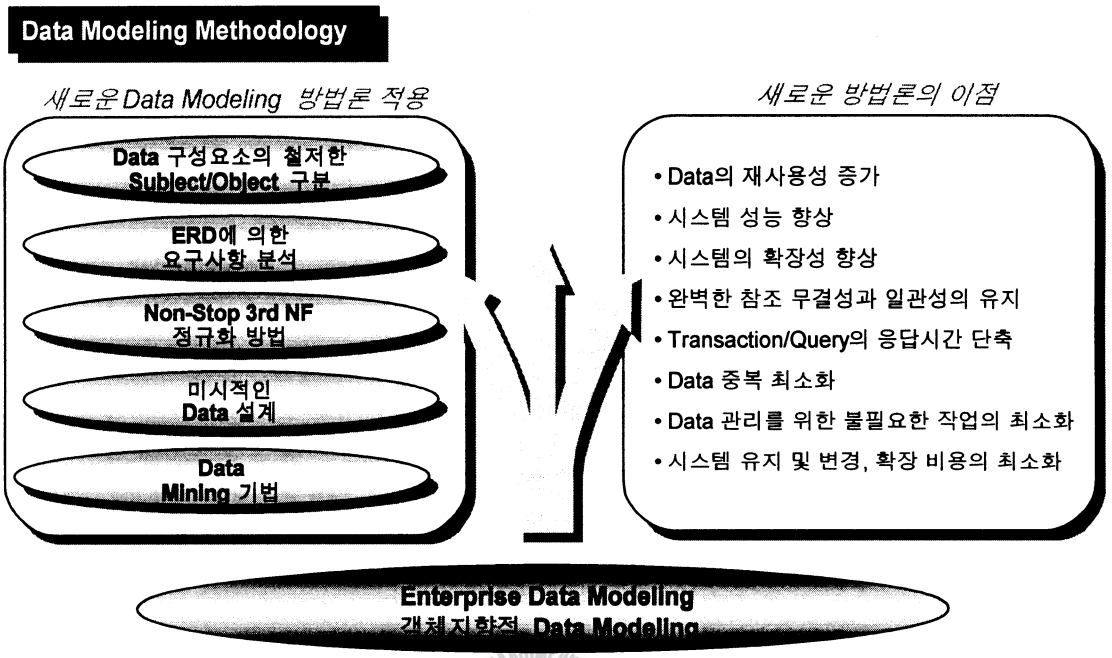


〈그림 3-2〉 시스템 개발 방향



〈그림 3-3〉 네트워크 설계 방향

dCollection @ hhu

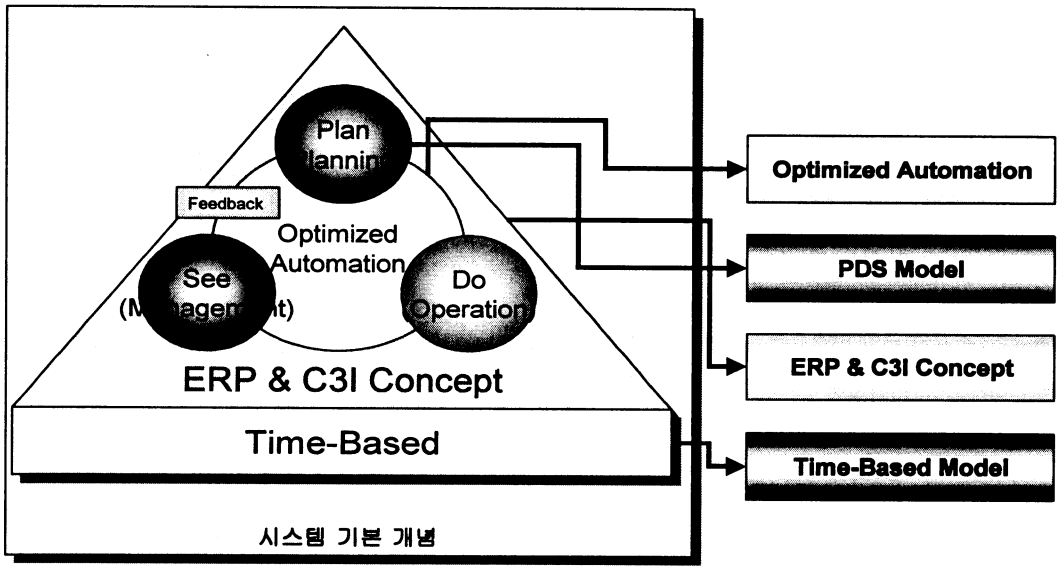


〈그림 3-4〉 데이터 모델링 방법론

3) 시스템의 기본 개념

운영 시스템은 계획시스템, 운영시스템, 통제 시스템으로 구성되며, 기본 개념으로서는 최적 자동화, PDS 모델, ERP와 C3I 개념, Time-based 모델 등을 들 수 있다. 최적 자동화는 완전 자동화된 터미널의 운영을 지원하는 것으로서 최적화 모형, 인공지능기법 등을 활용한다. PDS 모델은 통합 운영시스템을 계획(plan), 실행(do), 평가(see) 등의 하부시스템으로 구성하여 사전계획 수립, 계획에 따른 운영 그리고 사후 평가 및 결과의 피드백 과정을 거침으로써 운영 효율을 극대화하는 것이다. ERP와 C3I 개념은 기업에서 사용하는 전사적 자원계획 개념과 integrated command, control and communication 개념을 터미널 운영 시스템에 도입한 것으로서 제반 운영 및 관제, 통신, 경보 등을 통합하여 관리하는 개념이다. Time-based 모델은 터미널 장치장 계획에 도입되는 것으로서 기존에 장치장을 x, y, z 등의 3차원적으로 관리하던 것에 시간 개념을 도입하여 장치장 공간을 4차원으로 관리하는 개념이다〈그림 3-5〉.

dCollection @ hhu



〈그림 3-5〉 시스템의 기본 개념

4. 시스템의 개념적 설계

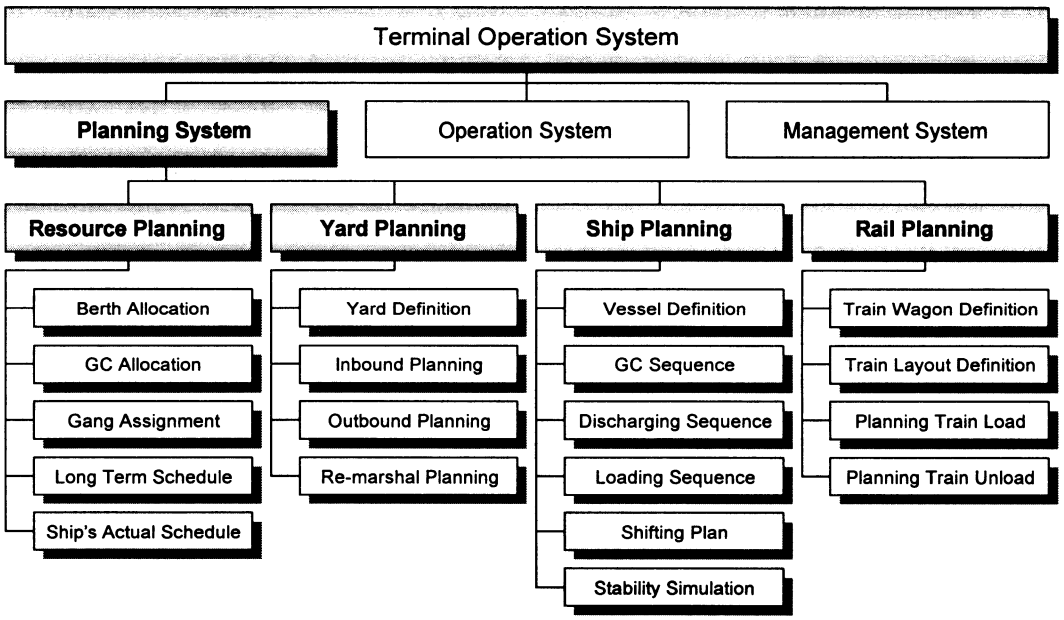
1) 계획시스템의 구성

터미널 운영 시스템은 계획시스템(planning system), 운영시스템(operation system), 관리시스템(management system) 등으로 구성되는데 계획시스템은 자원계획(resource planning), 장치장계획(yard planning), 본선계획(ship planning), 철송계획(rail planning) 등으로 나뉘어진다〈그림 4-1〉.

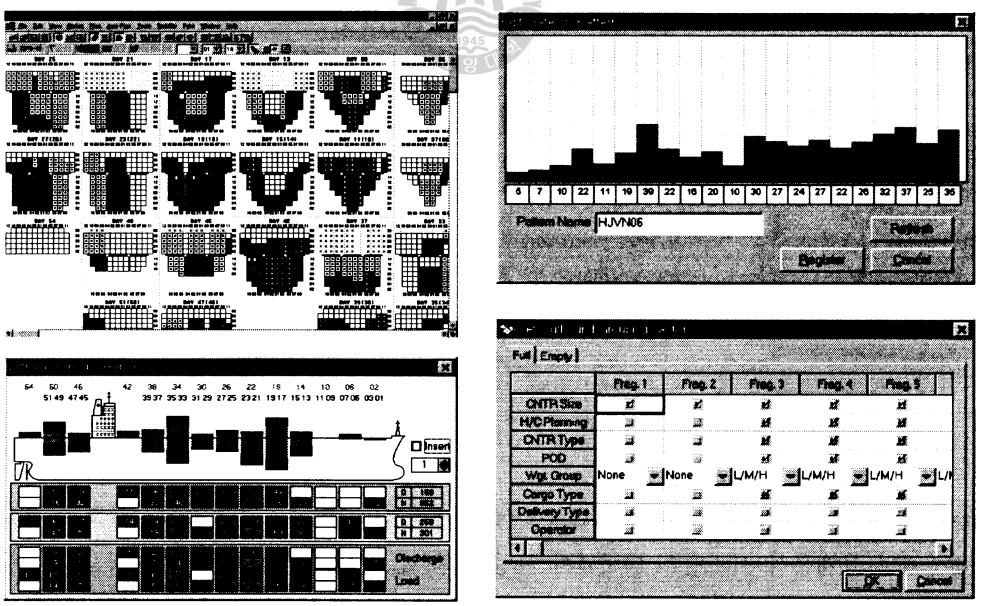
자원계획시스템은 안벽(berth), 겐트리 크레인(G/C), 작업조(gang) 등 터미널 자원의 할당을 담당한다. 장치장계획 시스템은 터미널마다 다양한 형태의 장치장을 GUI 환경에서 쉽게 생성할 수 있는 장치장 설정(yard definition) 모듈과 수출 장치계획, 수입 장치계획, 재조작(re-marshaling) 장치계획 모듈로 구성된다. 본선계획 시스템은 다양한 선박의 화물창 형태를 GUI 환경에서 생성하는 선박설정(vessel definition) 모듈과 겐트리 크레인 작업 순서 결정, 양하 작업순서 결정, 적하 작업 순서 결정, 이선적 계획 등을 수행하는 기능과 선박의 안정성을 검증하는 안정성 시뮬레이션(stability simulation) 기능을 포함한다. 철송계획은 화차 및 철송장 배치도를 생성하는 모듈과 철송화물 적하 및 양하계획 모듈로 구성된다.

이들 계획시스템의 프로토타입 화면은 〈그림 4-2〉와 같다.

dCollection @ hhu



〈그림 4-1〉 Planning 시스템 구성



〈그림 4-2〉 Ship Planning 및 Yard Planning 시스템 프로토타입 화면

2) 운영시스템

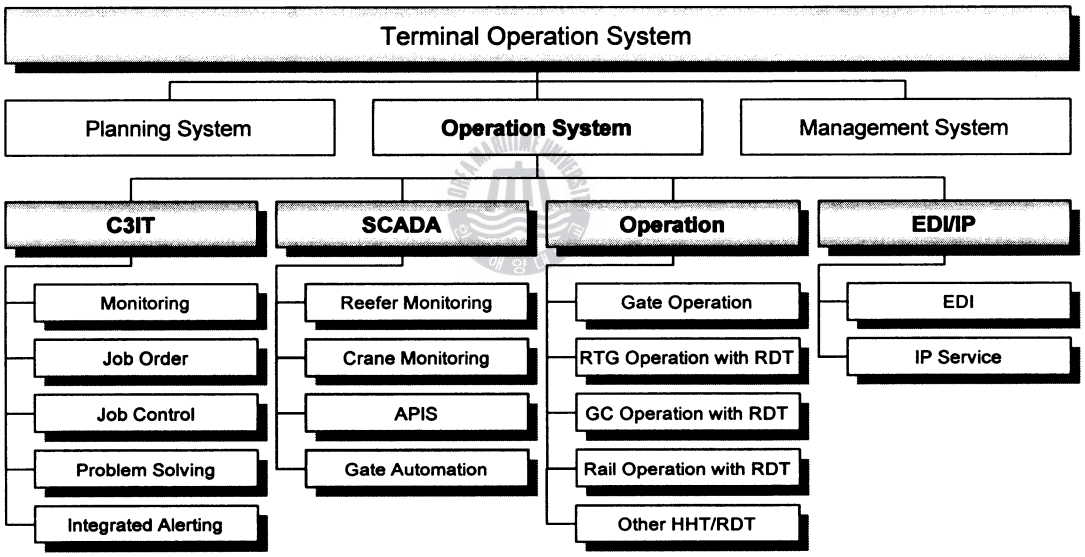
운영시스템(operation system)은 C3IT(Integrated Command, Control and communication for Terminal), SCADA, Operation, EDI/IP 등으로 구성된다〈그림 4-3〉. C3IT는 게이트, 장치장, 안벽

Collection @ hhu

등에서 이루어지는 작업을 모니터링하고, 장치장과 안벽에서 이루어지는 하역작업을 지시하며, 문제가 발생할 때 이를 시스템적으로 해결하고 필요한 경보를 발하는 기능을 담당한다.

SCADA는 냉동 컨테이너 모니터링 시스템, 크레인 모니터링 시스템, 게이트 자동화, APIS 등을 포함한다. 냉동컨테이너 모니터링 시스템은 냉동 컨테이너 장치장에 야적된 냉동컨테이너의 상태를 원격지인 관제실에서 모니터링하고 특수 냉동컨테이너에 한해서 원격으로 제어가 가능한 시스템이다. 크레인 모니터링 시스템은 크레인의 상태를 실시간으로 파악하는 기능을 담당하며, 게이트 자동화는 바코드 방식, 스마트 카드 방식, 영상 인식기 방식 등을 이용하여 게이트 업무 처리를 자동화하는 시스템이다.

운영시스템은 실제 하역 작업을 수행하는 기능을 담당하며, 게이트 운영, 장치장 크레인(RTGC) 운영, 겐트리 크레인 운영, 철송장 운영 등을 포함한다.



〈그림 4-3〉 운영시스템 구성

3) 일반관리시스템

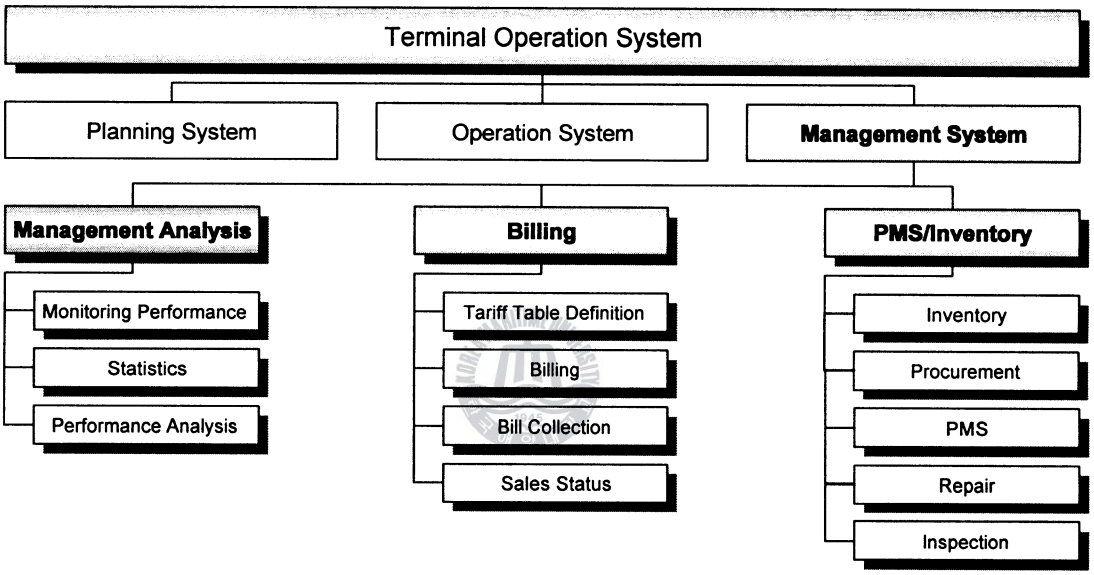
일반관리시스템은 통계분석시스템, 정산관리시스템, 예방정비 및 재고관리시스템 등으로 구성된다〈그림 4-4〉. 경영 통계분석 시스템은 터미널의 운영 방침 및 정책 결정을 위한 경영정보를 제공하고, 수치화된 통계 자료를 활용함으로써 터미널의 생산성을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 기존 터미널의 운영시스템에는 극히 제한된 기능이 포함되어 있으나 의사결정이 컴퓨터 시스템에 의해 자동으로 이루어지는 자동화 터미널에 있어서는 그 중요성이 아주 강조된다. 일반적으로 도출되는 정보는 장비가동 실적, 하역 실적, 선석 점유율, 화물취급실적, 장치실적 등이다.

정산관리 부문은 기존 재래 터미널에서 사용하는 운영시스템과 본 과제에서 제안하는 자동화 터미

dCollection @ hhu

널의 시스템과 차이가 없다. 정확한 청구 및 수급관리가 가능하고 매출액과 관련된 경영정보를 도출하는 것이 본 시스템의 기능이며 목표가 된다. 세부적으로는 요율표 관리, 청구서 관리, 수금관리, 매출액 관리 등의 기능으로 나뉘어진다.

예방정비 및 재고(PMS/Inventory)관리 시스템은 장비의 수리 및 정비 그리고 재고를 관리하는 기능을 담당하며, 정비 및 부품 구매 비용을 최소화하고, 장비 고장율의 최소화로 생산성을 극대화하는 것이 목적이다.



〈그림 4-4〉 일반관리시스템 구성

5. 결론

본 논문에서는 자동화 컨테이너 터미널 통합운영시스템을 개념적으로 설계하는 것을 목적으로 하고 터미널 환경 변화, 기존 국내외 터미널의 운영시스템 현황, 요소기술 동향 그리고 사용자 요구사항 및 핵심성공요인을 도출하였다. 이어서 시스템의 설계 목표 및 전략을 도출하고 시스템의 개발방향을 제시하였으며, 시스템의 기본 개념을 제시하였다. 마지막으로 통합운영시스템의 구성을 계획시스템, 운영시스템, 일반관리시스템 등으로 구분하여 세부 기능을 제시하였다.

기존 재래식 터미널에서 사용되는 운영시스템과 본 논문에서 제시하는 시스템은 몇 가지 측면에서 뚜렷한 차이가 있다. 첫째, 시스템의 기본 개념에 있어서 최적 자동화 개념을 도입하였다. 이것은 기존 터미널에서 운영 전문가들에 의하여 수행되는 제반 계획 및 작업 통제를 최적화 알고리즘, 인공지능 기법 등을 활용하여 컴퓨터 시스템에 의하여 수행되는 것을 가능하게 한다. 무인 자동화 터미널은 인력을 최소화하는 것이 주목적이기 때문에 운영 시스템 역시 이러한 요구에 부합해야 한다. 통합자

e-Collection @ hnu

원계획 개념인 ERP 개념 역시 새로운 개념이며, 특히 기존 시스템들이 장치장 공간을 3차원 개념으로 처리하는데 비하여 시간 개념을 도입한 4차원 개념은 장치장 이용 효율을 향상시킬 수 있는 새로운 개념이기도 하다.

계획시스템과 운영시스템 역시 전문가시스템 등을 도입하여 계획 수립 및 작업 통제를 시스템적으로 처리할 수 있도록 설계한 것이 기존 시스템과 차이점이라고 할 수 있다. 일반 관리시스템에서는 통계처리 및 분석 기능을 강화하여 운영 전략 수립 및 의사결정에 필요한 형태의 정보를 생성하고 보관할 수 있는 D/B를 설계함으로서 시스템에 의해 이루어지는 계획 수립 및 작업 통제의 현실성과 정확도를 높일 수 있도록 한 점이 기존 시스템과 큰 차이점일라 할 수 있다.

참고문헌

1) (주)토탈소프트뱅크, 1999, Computer Automated Terminal Operation System(CATOS) 매뉴얼.

2) A. Ballis, J Golias, C Abakoumkin, 1997, "A comparison between conventional and advanced handling systems fir low volume container maritime terminal," Marit. Pol. MGMT., Vol. 24, No. 73 - 92.

3) K.C. Nam, 1988, "Determination of Handling Systems at Pusan New Port", Port Technology International 8, ICG Publishing Ltd.

4) J.R. Choi, 1999, "Intelligent and Integrated Monitoring and Control System in the Automated Container Terminal", Proceedings of the 5th International Logistics Seminar, Center for Logistics studies, Korea Maritime University, Pusan, Korea.

dCollection @ hhu