

◆특집◆ 시스템 지능화

항만물류 시스템 지능화 기술

박경택\*

Intelligent Technology of Port Logistics System

Kyoung Taik Park\*

**Key Words** : Port Logistics(항만물류), Automated Container Terminal(자동화 컨테이너 터미널), Crane(크레인), AGV(자동 운송차), Intelligent System(지능화 시스템)

1. 서론

항만물류 시스템의 발전은 세계 무역량의 증가와 함께 급격하게 발전이 되어왔다. 초기에는 북미와 유럽간의 무역량 증가에 따라 컨테이너의 물동량이 증가하게 되었고, 최근에는 아시아와 북미, 아시아와 유럽간의 무역량의 증가에 따라 컨테이너 물동량이 급격하게 증가하였다. 컨테이너항만 입지조건외의 제한성, 수심, 터미널 면적 등 때문에 항만에서 취급할 수 있는 처리량이 제한을 받게 된다. 무역 물동량을 충분히 소화하기 위해 컨테이너 선박의 대형화 및 고속화, 항만에서 효율적인 양하작업을 위해 운반하역 시스템의 대형화, 고속화, 자동화 및 지능화가 필요하게 되었다. 1990년대 중반에 세계 최초의 자동화 컨테이너 터미널을 개장한 네델랜드의 ECT 터미널, 그리고 기존 터미널을 개조한 반자동화 터미널을 개장한 영국 템즈 항만이 대표적인 사례이다.

금년 4월경, 독일 함부르크, CTA 터미널에서는 자동화 터미널을 개장할 예정이며, 싱가포르 항만에서 오래 동안 자동화 터미널에 대한 연구 검토한 끝에 자동화 터미널 건설에 돌입하였다. 국내 또한 자동화 터미널의 효율성 및 경제성에 대한 많은 논란이 있었지만, 광양 터미널 및 부산 신항만 모두 자동화 터미널로 건설할 것으로 예정하고 있다. 세계적인 추세가 자동화 터미널 이외에 다른 대안을 찾지 못하였고, 자동화 터미널의 생산성 향상을 높이기 위해 시스템 지능화의 개념을 도입하는 방향으로 발전시켜 나아가고 있다. 여기서 시스템 지능화란 단순히 인간 노동력을 대체하는 단순 자동화 수준을 벗어나, 시스템의 효율성 및 신뢰성을 높이기 위해 환경변화에 적극적으로 대응을 할 수 있는 시스템 구현을 말한다.

특히, 21세기의 세계 경제 발전을 감안할 때 한국은 동북아 지정학적 위치의 이점을 최대한 살릴 수 있는 물류 및 정보 중심국가로 발전할 수 있는 가능성이 가장 크므로, 이에 대한 국가적인 관심과 정책적인 SOC 구축에 많은 투자가 이루어져야 한다. 현재 세계 4위의 컨테이너 처리 물동량을 갖는 부산항과 광양항, 부산 신항만, 인천 남항, 인천공항을 하나의 물류 벨트를 형성할 때, 고부가가치를 창출할 수 있는 동북아의 물류산업의 중심지를 형성 할 수 있다. 최근 한반도의 변화,

\* 한국기계연구원 자동화연구부  
Tel. 042-868-7131, Fax. 042-868-7135  
Email ktpark@kimm.re.kr  
항만 시스템, 로봇 시스템, 지능화 및 측정 분야 등에 관심을 두고 연구관동을 하고 있다.

즉, 한반도 종단철도(TKR)와 러시아 시베리아 횡단 철도(TSR)의 연계가 이루어질 때 그 시너지 효과는 배가 될 것이다. 그러나, 동남아의 말레이시아와 중국의 경우 대대적인 항만 개발을 착수하고 있는 것을 감안할 때, 동북아의 물류 거점기지에 대한 선점의 효과를 차지하기 위한 국제적 경쟁이 치열할 것으로 예상된다.



Fig. 1 ECT automated container terminal in Netherlands



Fig. 2 ECT automated container terminal in Netherlands

오늘날의 항만은 전통적인 항만기능 이외에 화물이 항만을 통과하는 과정에서 새로운 부가가치 서비스 활동을 수반하는 복합적인 화물유통 거점으로서의 기능이 요구되고 있다. 즉, 조립 및 단순가공, 포장, 상표부착, 재고관리, 등급분류, 검사 확인, 전시 및 판매, 정보통신 등의 부가가치를 창출할 수 있는 활동을 제공할 수 있어야 항만이 발전할 수 있다. 항만이 물류 경로 상에서 그 기능을 수행할 수 있는가는 충분한 배후 공간의 확보,

대규모의 보관 및 분배 센터의 설치, 정보, 통신, 금융, 보험 업무, 효과적인 내륙 연계 수송체계의 완비 등 포괄적인 지원기능을 할 수 있는 주변환경을 갖추어야 한다.

항만 물류 시스템은 선박입출항 및 통항 관제 시스템, 본선 및 야드측 하역과 화물 이송시스템, 화물보관과 집배송 및 유통가공 시스템(복합물류기지), 배후 수송연계 시스템, 항만정보 시스템 등의 부차 시스템으로 구성되며, 외부 시스템으로는 해상 운송 시스템, 배후수송시스템, 도시 시스템과 각각 연계되어 있다.

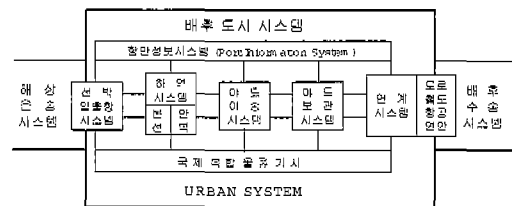


Fig. 3 Port logistics system

화물 운송업계의 물류 제공 해소의 요구, 화주의 물류비용 절감의 요구, 화주의 신속 정확한 서비스 요구 등의 다양한 양질의 서비스 요구에 대한 대응이 필요하다. 그러므로, 국내의 항만 물류 시스템의 발전 방향과 이에 관련된 지능화 기술동향에 대해 알아본다.

## 2. 항만 물류 시스템의 지능화

### 2.1 컨테이너 선박의 대형화에 따른 터미널 발전 방향

컨테이너 선박의 대형화를 주도하고 있는 6,000 TEU 급 이상 선박은 96년도부터 운항중인 최초의 6,000 TEU 급 Regina Maersk 호 (318m x 42.8m x 14m)에서부터 시작하여, 98년도부터 운항 중인 P&O사의 6,674 TEU 급 (300m x 42.8m x 14m) 및 6,690 TEU 급 Sovereign Maersk 호 (347m x 42.8 m x 14.5 m)를 포함하여 총 19척이 운항

중이다.

현재 운행중인 3,000 TEU 급 이상 선박을 대상으로 하여 건조연도를 기준으로 시계열 분석을 한 결과 2005년에는 약 7,200 TEU(7,000 TEU급), 광양 3단계 1차가 완료되는 2008년에는 7,700 TEU급(8,000TEU급)의 출현이 예상되며, 2015년경에는 8,900 TEU급(9,000 TEU급), 2020년에는 9,700 TEU급 (10,000TEU급) 선박의 출현이 예상된다. 국내 조선사에 의하면, 현대 중공업은 Hapag-Lloyd로부터 7,200 TEU 급 선박 4척을 수주 받아 2002년부터 2003년까지 인도할 예정이며, 대우 중공업은 독일 Reederei로부터 6,700 TEU 급 선박 5척을 수주 받아 2001년부터 인도 예정이다. 최근 삼성중공업과 현대중공업이 Maersk 사, China-Shipping, P&O 등으로부터 9,000 TEU 급 선박의 수주를 검토중이다.

컨테이너선의 대형화 추세에 따른 항만 여건, 선사 여건, 조선기술 여건 등도 함께 검토가 되어야 한다. 이러한 대형화로 인하여 제기되는 문제점에 따라 대형화의 한계 등도 동시에 고려되어야 한다. 대형 컨테이너선의 입항을 위해서는 항만의 수심이 충분히 확보되어야 하고, 대형 선박이 안벽에 접근 하였을 때 양적하 작업을 할 수 있는 충분한 아웃리치를 가진 컨테이너 크레인이 설치되어 있어야 하고, 또한 항만에서 선복량 확보가 이루어져야 한다. 특히 대형 선박의 경우 기항지의 항만 하역운반 작업의 생산성이 높아야만 선박의 재항 시간이 감소하고, 한 항차당 소요일수가 감소되어 대형화에 의한 기대효과를 높일 수 있다. 항만에서 하역운반 작업의 생산성이 떨어지면 선박의 대형화에 따른 이점이 감소될 수 있다. 대형 컨테이너 선박이 기항하는 항만의 경우에는 대형 컨테이너 선박의 열 수 이상의 아웃리치를 갖는 대형 컨테이너 크레인이 설치되어야 하고, 그리고 이러한 시스템은 지능화가 이루어져야 요구하는 생산성을 낼 수 있다. 컨테이너 크레인 시스템의 지능화는 여러 가지 방안으로 시도되어 지속적인 연구개발이 이루어지고 있다.

Table 1 Specification of Container Crane installed in ECT Terminal

Out-reach (m)	Back-reach (m)	속도(m/min)		정격 부하 (톤)	전원	제작사
		Hoist (부하/무부하)	Trolley			
66	25	90/180	240	60	AC/DC	Noell

### 2.1.1 OCTOPUS System

컨테이너 터미널의 전용화, 컨테이너 선박의 대형화 등의 추세에 따라 취급 물동량이 증가함에 따라 기존의 하역운반 시스템으로는 항만의 생산성이 문제가 됨에 따라 이를 해결하기 위해 여러 가지 새로운 개념의 하역운반 시스템에 대해 연구 검토를 하여 왔다. 그 대표적인 예로 Reggiane에서 제안한 OCTOPUS Terminal Module는 생산성 향상에 초점을 맞추어진 시스템으로서 일종의 공장자동화의 자동창고 개념으로 도입하여 적용한 시스템이다.

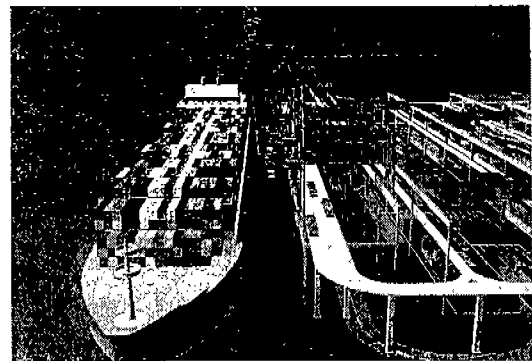


Fig. 4 Bird's-eye view of OCTOPUS system

아직도 이 시스템은 실제 터미널에 적용되지 못한 대표적인 이유는 시스템의 비용에 의한 경제성이 문제인 것으로 지적이 되고 있으나, 미래형 터미널은 생산성을 중시하지만 물류 서비스의 질을 향상시키는데 더 많은 주안점을 두고 있다.

### 2.1.2 Two-Sided Operation System

컨테이너 선박의 대형화에 따라 하역작업의 시간이 많이 걸리게 되어 선박 및 항만의 효율성이 크게 떨어지게 된다. 이에 대응하기 위해 독크 타입의 접안 선석의 양현 하역 작업을 하는 방식에 대해 오래 동안 관심을 갖고 검토되어 왔다. 이 타입의 하역 시스템에서는 양현에 슈퍼 크레인을 사용할 때 슈퍼 구조물인 붐이 오버-랩핑이 되는 상호간섭이 문제가 될 수 있다. 그러므로 슈퍼 크레인을 사용할 때 브리지간의 간격에 따라 달라지만 대형 구조물의 처짐과 동시에 흔들림이 문제가 된다. 이러한 것들은 대형 컨테이너 선박의 하역작업을 할 수 있는 대형 하역 시스템에 해당되는 문제점이다. 독크 타입의 접안 시설의 건설 비용 및 사용 효율, 접안 시간 문제 등이 문제가 되어 아직도 적용되지 못하고 있다. 그러나, 선박이 초대형화가 될수록 대형화에 대한 시너지 효과를 얻기 위해서는 양현 하역방식을 사용할 수밖에 없기 때문에 멀지 않은 장래에 실현될 것이다.

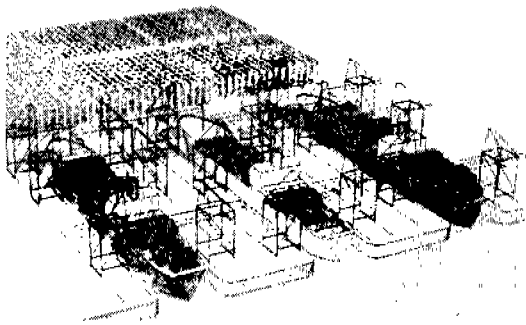


Fig. 5 Two-sided operation system for large container ship

## 2.2 하역운반 시스템의 지능화

### 2.2.1 야드 운반용 AGV 시스템

현재 자동화 터미널에서 컨테이너 크레인과 야드 크레인 사이에서 컨테이너를 운반하는 수단으로 가장 널리 사용되고 있는 것이 AGV (Automatic Guided Vehicle)이다. ECT 터미널에서는 컨테이너 크레인 8대에 대해 AGV 56 대, ASC 26 대로

운영을 하고 있다. 선회시의 속도를 3.0 m/s에서 2.0 m/s로 하여 낮추어 위치 결정 정밀도를 높였다. 그러나 신규 터미널에서의 AGV는 출력 속도를 3.0 m/s에서 4.5 m/s(Max. 5.0 m/s)로 높여 운행하고 있다. 적재 컨테이너는 20' 및 40'에 관계없이 1개 적재가 원칙이다. 장래 20'의 2개 적재를 생각할 수 있지만 ASC와 협조작업에 어려움이 발생하여 1개만 적재하는 것으로 되어 있다.

AGV의 주요 요구기능은 출발 지점에서 목적지까지 요구된 주행로를 따라 요구된 시간 내에서 정확한 위치로 이동하는 것이다. 자동화 터미널 내에서 컨테이너 이동을 위해 운행되는 AGV의 대수가 수십 대에서 수백 대까지 이르게 되고, 또한 관련 하역장비와 협조작업이 잘 이루어지도록 하여야 한다. 그러므로, 수십 대 혹은 수백 대되는 AGV의 운행제어를 통괄하는 시스템이 나비게이션(Navigation) 시스템이다. 이 시스템에서 핵심이 되는 기능은 AGV 자체의 정확한 위치 인식이다. 종래에는 유도선을 지하에 매설하여 유도선을 따라 주행하는 방법을 많이 사용하였으나, 지반 침하 등에 의한 유도선의 파손 등의 이유 때문에, 지금은 Transponder, DGPS, CCD 카메라 및 레이저 등을 이용하는 새로운 첨단기술이 실제 현장에 적용되어 사용되고 있다. 주행로에서 전후 방향의 AGV 혹은 장애물을 감지하기 위해 장애물 감지 시스템(ODS)이 필요하게 되고, 특히 방향 전환 혹은 코너링을 할 때 정확한 조향제어 시스템이 필요하게 된다. 관련 하역 장비와의 정확한 작업 위치에 정차하기 위해서는 독킹(Docking) 기능이 필요하다. 관련 하역장비 혹은 중앙관제소와 정보교환, 혹은 AGV 상호간의 정보교환을 위해 신뢰성을 갖는 무선 통신 시스템이 필요하다. 그러므로, AGV 시스템의 지능화를 위해서는 AGV 운행제어를 위한 지능형 제어기술 및 주행 환경을 인식하여 주행 여부를 스스로 판단할 수 있는 지능형 인식기술, 장비 상호간의 원활한 정보교환을 위한 지능형 통신기술에 대해 연구개발이 활발하게 이루어지고 있다. 특히, ITS 관련 첨단기술도 도입하여 더욱 지능화된 시스템으로 발전시켜야 할 것이다.

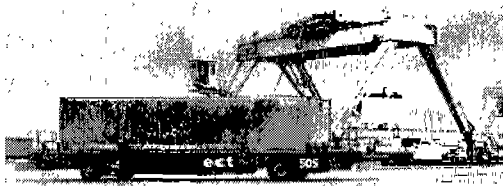


Fig. 6 AGV and ASC in ECT terminal

첨단항만핵심기술개발 사업단에서도 항만용 AGV를 개발하는 중이며, 기본 개발 모델은 Fig 8 과 같다. 이 시스템은 자체 개발된 여러 가지 지능화 기능을 보유하게 될 것이다.

용이, 운영비 저렴 및 악천후에서도 시스템을 운영할 수 있는 장점을 지니고 있다. 아직도 실제 터미널에 적용되지 못한 시스템이지만, 앞으로 여러 자동화 터미널에 적용될 것으로 예상된다.



Fig. 8 LMT system under test

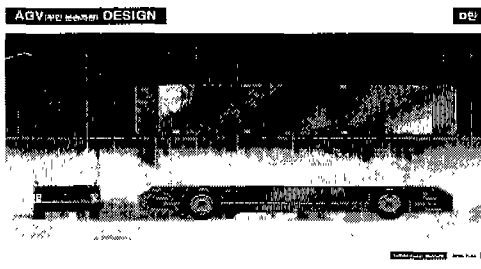


Fig. 7 First domestic AGV model under development

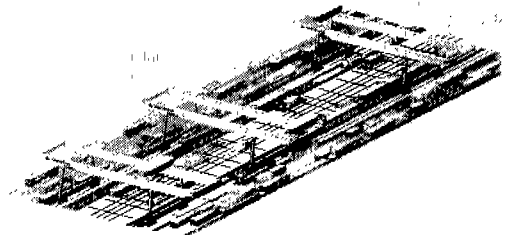


Fig. 9 Yard system using LMT

### 2.2.2 Linear Motor Transfer(LMT, Sledge System)

94년도 Noell 회사에서 개발하여 함부르크 항만에서 시험 테스트를 한 LMT는 가로 세로의 직각방향의 수평이동을 자유자재로 할 수 있는 시스템이다. 당초 8,000 TEU 환적선박, 시간당 40~50 TEU를 취급하는 컨테이너 크레인에 대응하기 위해 개발한 것이다. 성능 테스트에서 최대 속도 3 m/s와 정밀도  $\pm 3$  mm, 가반하중 40톤을 낼 수 있는 것으로 검증되었다. 이 시스템의 단점으로는 초기 투자가 많이 들어가지만, 공간절약, 유지보수

### 2.3 야드 크레인 지능화

컨테이너를 선박에 선적작업을 하기 위해 반입하거나 선박으로부터 하역작업을 하여 반출하기 위해 일시적으로 야드에 컨테이너를 적재하여 보관하는 것이 일반적인 통례이다. 야드에서의 컨테이너 핸들링 작업의 효율성이 컨테이너 터미널의 생산성을 좌우하는 요인이 된다. 그러므로, 자동화 터미널의 생산성을 향상시키기 위해 여러 가지 방안에 대해 많은 연구가 이루어져 왔다. 현재까지 자동화 터미널에서 컨테이너 적재 베이 블록의 배치가 기존의 수평배열과는 달리 수직배열을 채택하고 있다. 이것은 자동 운반시스템(AGV)의 동선과 외부 트럭 출입의 동선이 겹치는 것을 피

하기 위한 것이다. 수직배열을 채택함으로써 동선의 장점을 갖는 동시에 야드 크레인의 이동거리가 많은 단점을 갖는다는 것을 알 수가 있다. 이것은 AGV 보다 큰 대형 크레인 시스템이 이동을 많이 하여야 하는 불합리성을 내포하고 있다.

초장기 ECT에서 적용한 ASC는 이동거리가 많은 것을 감안하여 가능한 소형의 가벼운 시스템을 적용하였다(See Fig6). 그러나 야드의 적재 단수 많아짐에 따라 야드 크레인이 점차 커지게 되어 정밀위치제어 및 흔들림 등의 여러 가지 문제점이 발생하게 되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 지능제어, 안티-스웨이 제어, 자동 랜딩제어 기술 등을 도입하여 야드 크레인 시스템을 지능화 및 무인화를 하고 있다.

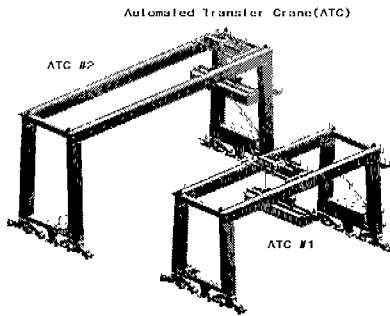


Fig. 10 ATC model under development

함부르크 자동화 CTA 터미널에서는 수직배열을 채택하고, 블록당 큰 크레인과 작은 크레인을 동시에 투입하여 작은 크레인이 큰 크레인 밑으로 통과가 가능하도록 하였다. 이것은 둘 중 하나의 크레인이 고장을 일으키더라도 작업을 계속할 수 있는 장점을 갖는다. 첨단항만핵심기술개발 사업단에서도 이와 유사한 형태의 자동 트랜스퍼 크레인을 개발 중에 있다(See Fig 10).

**2.4 게이트 시스템 지능화**

AEI(Automatic Equipment Identification) 게이트 시스템은 신뢰성을 갖는 정확한 터미널 출입을 관리와 능률적인 게이트 프로세싱을 할 수 있는 기

능을 가지고 있다. AEI 게이트 시스템은 현재 차량 및 컨테이너 정보를 수집하여 기록할 수 있으며, 또한 수동 시스템에 의해 발생될 수 있는 오류를 배제할 수 있다. 현재 게이트 시스템에서 차량면허 번호판 인식율은 99% 이상이 되지만, 컨테이너의 번호, 봉합, 파손 등에 대해서는 아직도 많은 문제점을 가지고 있다. 현재 게이트 시스템은 차량의 통과시간과 게이트 운영직원의 절감에 초점을 두고 있지만, 앞으로는 시스템의 지능화를 통해 게이트 시스템의 완전 무인화에 초점을 두게 될 것이다.

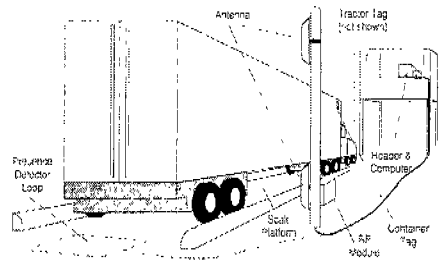


Fig. 11 Automatic gate system

AEI 게이트 시스템은 신뢰성 있고, 정확한 터미널 출입 관리와 게이트 작업을 간소화한다. AEI 시스템은 수동조작에서 흔히 있을 수 있는 에러를 제거하고, 현행 장비 정보를 자동적으로 관독하여 기록한다. 상위 컴퓨터에 저장된 다른 관련 정보와 함께 AEI 시스템에 의해 관독된 시간, 날짜, 게이트 식별과 같은 데이터는 게이트의 터미널에 표시된다.

**2.5 Combi-Road**

화물 운송차량의 증가에 메인 도로의 교통 혼잡의 증가는 대체 교통 수단에 대한 연구를 하게 하였다. 네덜란드의 여러 회사와 연구기관에서는 화물(컨테이너) 운송에 대한 새로운 개념을 도입하여 Combi-Road를 제안하였다. 이것은 평균 속도 50 km/h를 갖는 반 트레일러 혹은 레일 웨곤 운송차로서 DC 750 V 동력을 공급하는 제3의 레일을 사용하는 무인 전기트럭이다. 분당 4 대의 매차 운행할 수 있는 시스템이며, 장애물 감지 기

능 및 무선 통신기능, 그리고 컨테이너를 상하차를 할 수 있도록 트럭 외부에서 조작을 할 수 있도록 되어 있다. 이 시스템에서는 지상의 전용 도로를 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 공중의 스카이웨이 혹은 지하 터널을 전용도로로 이용할 수 있다. 아직 실험운영 단계이지만 신뢰성을 갖는 무인운전 시스템의 지능화를 위해 ITS 개념을 추가로 도입하면 멀지 않은 시기에 실용화가 될 것이다.

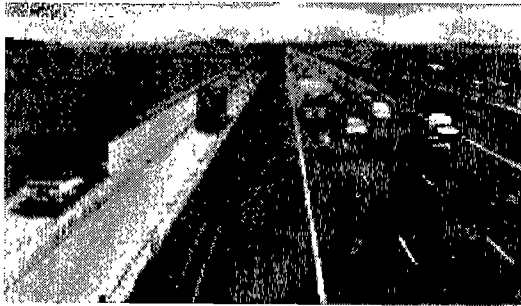


Fig. 12 Combi-Road in Netherlands

## 2.6 국내 기술개발 동향

국내 컨테이너 터미널의 효율성을 제고하기 위해 중점국가연구개발사업의 하나로 첨단항만핵심 기술개발 사업을 1998년도부터 수행하고 있으며 2003년도 종료될 것이다. 이 사업에서 개발된 시스템은 현장에서 테스트를 거쳐서 광양항 3-2 단계 자동화 터미널에 적용하게 될 것이다. 이 사업에서 수행하고 있는 주요 연구개발 내용은 다음과 같다.

- 자동 컨테이너 운송차 (Automatic Guided Vehicle) 설계 및 제어기술 개발
  - 차체 및 구동부 설계기술
  - Navigation System
  - Transponder 및 DGPS를 이용한 Positioning System
  - Obstacle Detection System
  - Docking System
  - 무선 통신기술

- 자동 트랜스퍼 크레인 (Automatic Transfer Crane) 설계 및 제어기술 개발
  - ATC 설계 기술
  - Anti-Sway System
  - Automatic Positioning System
  - Automatic Landing System
  - Automatic Monitoring & Management System
  - Remote Operation System

- 항만 시뮬레이션 및 자동화 터미널 설계 기술 개발
  - Terminal Forecasting Module
  - Terminal Layout/Path Planning Module
  - Resource Allocation System Module
  - Terminal Flow Module
  - 통합 시뮬레이션 (Event Manager, 수출입 및 반출입 시뮬레이션)
  - Evaluation Module

- 컨테이너 터미널 통합운영 시스템 개발
  - Resource, Yard, Shipping Planning
  - Integrated Monitoring & Control
  - Gate/Yard/Shipping Operation
  - EDI/IP Service
  - Billing, Statistics & Analysis
  - PMS/Inventory/Container Repair

## 3. 결론

국내의 항만물류 시스템의 지능화 기술 동향에 대해 연구 검토한 결과는 항만의 생산성 및 서비스 질의 향상을 위해 자동화 수준에서 벗어나 지능화 수준의 기술이 도입되기 시작하였다. 운반 하역 시스템, 항만운영 시스템, 항만설계 시스템 및 연계 수송 시스템의 지능화는 항만 물류 시스템의 지능화를 위해 전체 시스템 관점에 항상 연구개발이 되어야 한다. 컨테이너 터미널 시스템의 지능화에 필요한 관련 핵심기술들에 대해서도 알아보았고, 이를 통해 시스템 지능화에 관련된 주요 지능화 기술의 발전 방향은 다음과 같다.

- 컨테이너선의 대형화, 피어더선의 고속화
- 컨테이너 크레인의 대형화, 고속화 및 지능화
- 야드 운반시스템 및 크레인의 지능화
- 게이트 시스템의 지능화
- 터미널 운영관리의 정보화 및 효율화
- 연계 수송망의 효율화

10. Cargo Systems, Developments in Container Handling Technology, A Cargo System Report, 1997.
11. Cargo System, September 1998.
12. Cargo System, April 1998.
13. Cargo System, March 1998.

앞으로 첨단항만에 도입될 시스템은 실용화 베이스의 신개념에 의한 지능화 기술, 검증된 지능화 기술 및 장비, 미래 지향적인 지능화 기술 등에 의해 개발된 지능형 시스템이 될 것이다. 많은 경우 시스템이 자동화 및 무인화가 이루어졌지만, 생산성이나 효율성이 뒤떨어진 경우가 많으므로 이를 극복하기 위해 좀 더 수준 높은 시스템을 이루기 위해서는 지능화를 개념을 도입하여 시스템의 질적 향상을 꾀해야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 박경택, “컨테이너 터미널 자동화기술 연구기획 조사,” 한국기계연구원, 1997. 12.
2. 박경택, “자동화 컨테이너 터미널 개발사업 타당성 검토,” 한국기계연구원, 1998. 10.
3. 박경택, “항만 하역장비의 신기술 동향,” 해양한국, 제310호, pp 31-38, 1999. 7.
4. TOC2001, The Terminal Operation Conference & Exhibition, Lisbon, Portugal, June 2001.
5. TOC2001 Asia, The Terminal Operation Conference & Exhibition, Hong Kong, Feb. 2001.
6. 광양항 3단계 자동화 컨테이너 터미널 개발 기본계획, 한국해양수산개발원, 중간보고서, 2001. 7.
7. Horizontal Transport System on the Basis of Linear Motor-Based Transfer Technology, Noell, Dept. of Port Equipment, 01. 1998.
8. 첨단항만핵심기술개발사업단, 자동 컨테이너 운송차 설계 및 제어기술 개발, 3차년도 보고서, 해수부/과기부, 2001. 10.
9. 첨단항만핵심기술개발사업단, 자동 트랜스퍼 크레인 설계 및 제어기술 개발, 3차년도 보고서, 해수부/과기부, 2001. 10.