

컨테이너터미널 운영효율성을 위한 RTLS 기반 YT Dynamic Operation 모델

신정훈* · 장명희† · 유성진**

*한국허치슨터미널(주), †, **한국해양대학교 해운경영학부 조교수

A Study on RTLS Technology based YT Dynamic Operation for Efficiency of Container Terminal

Jeong-Hoon Shin* · Myung-Hee Chang† · Song-Jin Yu**

*Hutchison Korea Terminals, Busan 601-050, Korea

†, **Division of Shipping Management, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요약 : 최근 컨테이너선의 대형화 추세와 항만간의 경쟁 가속화로 인해 컨테이너터미널의 효율적 운영과 생산성향상에 대한 관심과 노력이 증대되고 있다. 특히 YT를 이용한 이송방식을 채택하고 있는 터미널의 경우 AGV(Automated Guided Vehicle)를 이용하고 있는 자동화터미널에 비해 상대적으로 경제성 및 운용효율성 측면에서 불리한 것이 사실이다. 최근 10여 년간 이와 같은 YT운용의 비효율성을 보완하기 위해 YT Pooling Operation 도입과 같은 노력이 계속되어 왔으나 개별 YT의 위치인식기능부재로 인한 제약으로 실질적인 효과는 미미한 수준이었다. 본 연구에서는 최근 주목받고 있는 RTLS(Real Time Location System) 기술을 활용하여 기존 YT Pooling Operation의 제약사항을 해결하는 새로운 개념의 YT Dynamic Operation 모델을 제안한다.

핵심용어 : RTLS, 컨테이너터미널, YT, Dynamic Operation

Abstract : Interest in high productivity and streamlined operation is growing amid a heated competition between ports and mega size vessel oriented operation. It becomes clear that terminals that operate YT(Yard Tractor) for transportation in container yard have less efficiency in operation and cost comparing terminals functioning AGV(Automated Guided Vehicle) system. To offset disadvantages arising out of YT operations, continual efforts (e.g YT pooling operation) were taken place for the last decade, but the result has not been fruitful; YT pooling operation still has a problem in that it cannot read individual YT's actual location. This study suggests 'YT dynamic operation model'- a practical application of RTLS(Real Time Location System) technology which will solve YT pooling operation problems.

Key words : RTLS, Container terminal, Yard tractor, Dynamic operation

1. 서 론

20세기 후반부터 항만은 세계의 경제성장과 더불어 많은 변화와 성장을 거듭하여 왔다. 특히 최근 10여 년간 Global Terminal Operator의 신규투자 및 M&A 등으로 인해 세계화와 함께 규모의 증대가 빠르게 진행됨에 따라 항만간의 상호 교류와 경쟁을 통해 하역장비와 운영시스템의 급속한 발전을 하고 있다. 이러한 흐름 속에 부산항도 세계시장에서 경쟁할 수 있는 신항만 개장과 항만배후단지의 개발이 진행되고 있으며 컨테이너터미널 운영사들의 생산성 향상을 위한 노력도 다각적으로 전개되고 있다. 그 결과 최근 5년간 생산성이 크게 향상되었으며 운영서비스 만족도에 있어서도 많은 개선이 이루어지고 있다. 또한 RFID(Radio Frequency Identification)를

이용한 유비쿼터스 기술이 차세대 혁신 기술로서 각 분야에서 각광을 받음에 따라 해운·항만 분야에서도 이를 적용한 시스템 구상 및 다양한 비즈니스 모델의 개발을 위해 많은 투자와 시범사업들이 진행되고 있다.

컨테이너터미널에 있어서 YT(Yard Tractor)와 같은 이송장비의 운용효율성이 생산성 및 경쟁력에 막대한 영향을 미치고 있는 것은 주지의 사실이다. 특히 부산항과 같이 이송장비의 자동화가 전무한 상황에서 현재의 고임금 추세와 유가의 급등과 같은 문제들을 해결하기 위해서는 보다 효율적이고 경제적인 YT 운영 시스템의 개발과 도입이 절실하다. 지금까지 YT Pooling Operation의 도입과 같은 개선노력으로 과거에 비해 보다 나은 효율성을 이룬 것도 사실이나 빠르게 발전하는 경쟁항만들에 대응하기 위해서는 현재 운영상에서 발견된

* 대표저자 : 신정훈(정회원), masjh@hotmail.com, 010)3843-8638

** 정회원, coppers@hhu.ac.kr 051)410-4383

† 교신저자 : 장명희(종신회원), cmhee2004@hhu.ac.kr 051)410-4384

문제점을 해결할 수 있는 또 다른 방법이 요구되고 있다.

따라서 본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, 실무적인 관점에서 YT Operation Cycle 중 개선가능 영역을 발견하기 위한 YT Time Study 실시결과와 YT의 운용 효율성을 확보하기 위한 방편으로 도입하여 시행 중인 YT Pooling Operation의 개요 및 특징을 파악하는 것이다. 두 번째로는 지금까지 YT Pooling Operation의 운용 과정에서 확인된 기능적 제약사항과 새롭게 요구되는 보완요소를 검토하여 보다 나은 운용효율성 확보를 위한 방안으로 RTLS(Real Time Location System) 기술을 접목시킨 새로운 개념의 YT Dynamic Operation 모델을 제시하고자 한다. 이를 통해 컨테이너터미널의 운영효율성 향상을 달성할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 이론적 배경 및 선행연구 고찰

2.1 RTLS의 개요 및 적용

RTLS는 위치정보를 발생하는 무선 자동인식기술을 도구로 목적하는 대상의 이동에 따른 위치를 실시간 추적하고 통제할 수 있는 실시간위치정보시스템을 가리킨다.

RTLS는 자산 또는 개인의 위치를 지속적으로 감시하는 자동화시스템으로 RFID, GPS(Global Positioning System) 및 CLS(Cellular Locating System)등의 기술을 사용하며, 일반적으로 위치시스템에 사용된 위치추정방법으로는 CELL-ID, 삼각측량, 궤적추적 등이 있다.

1980년대 중반부터 도입된 무선시스템은 크레인과 트럭에 작업정보를 전송하여 작업일정을 최적화하기 위한 기술적 기반을 제공하였다. 1990년대 중반부터 도입된 GPS는 컨테이너의 위치를 자동으로 식별하는데 사용되었으나 당시의 기술수준으로는 오차범위가 넓어 컨테이너터미널 장치장이라는 한정된 공간에서 사용되기에 적합하지 못했다. 이후 도입된 DGPS(Differential GPS)는 컨테이너가 아니라 장비에 부착하여 사용되었는데, 컨테이너를 들어 올리거나 내려놓을 경우에만 해당정보를 컴퓨터로 전송하였다. 자동화 컨테이너터미널이 구축되면서 AGV (Automated Guided Vehicle) 또는 안벽크레인의 경로를 설계하는데 트랜스폰더와 전자회로 등의 정보기술이 운영시스템을 연계하는 도구로 도입되었다.

싱가폴항의 경우 트랜스폰더 기술을 기존의 EDI시스템과 결합하여 일일 입·출항하는 50여척의 선박과 수천 개의 컨테이너 추적에 사용하고 있다. 수천 개의 트랜스폰더 송수신기를 장치장 노면에 설치하여 X, Y, Z의 3가지 차원의 그리드를 형성하고 이들 차원의 조합을 통해 유일한 식별코드를 부여한 태그를 이용하여 컨테이너의 정확한 장소와 위치를 제공하고 있다. RFID 기술은 트랜스폰더를 포함한 기존 컨테이너터미널에 적용되어온 무선통신, GPS, DGPS 등의 기술에 비해 상대적으로 인지거리, 오차범위, 내구성, 비용 우위 측면 모두에서 우수한 기술로 입증되고 있다. 컨테이너터미널과 같은 한정된 범위와 불확실한 환경을 고려한다면 RFID 기술을 이용

하여 실시간 위치정보를 획득할 수 있는 네트워크의 구축을 통해 RTLS를 구현하는 것이 필요하다(이, 2007).

RTLS를 구현하기 위해서는 위치이동정보를 발생하거나 감지할 수 있는 자동위치인식기술이 필요하며 RTLS를 지원하는 다양한 기술 가운데 보편적으로 적용되고 있는 자동위치인식기술은 RFID이다.

Fig. 1은 RFID 기반 장치장의 위치인식 개요를 도식화 한 것이다.

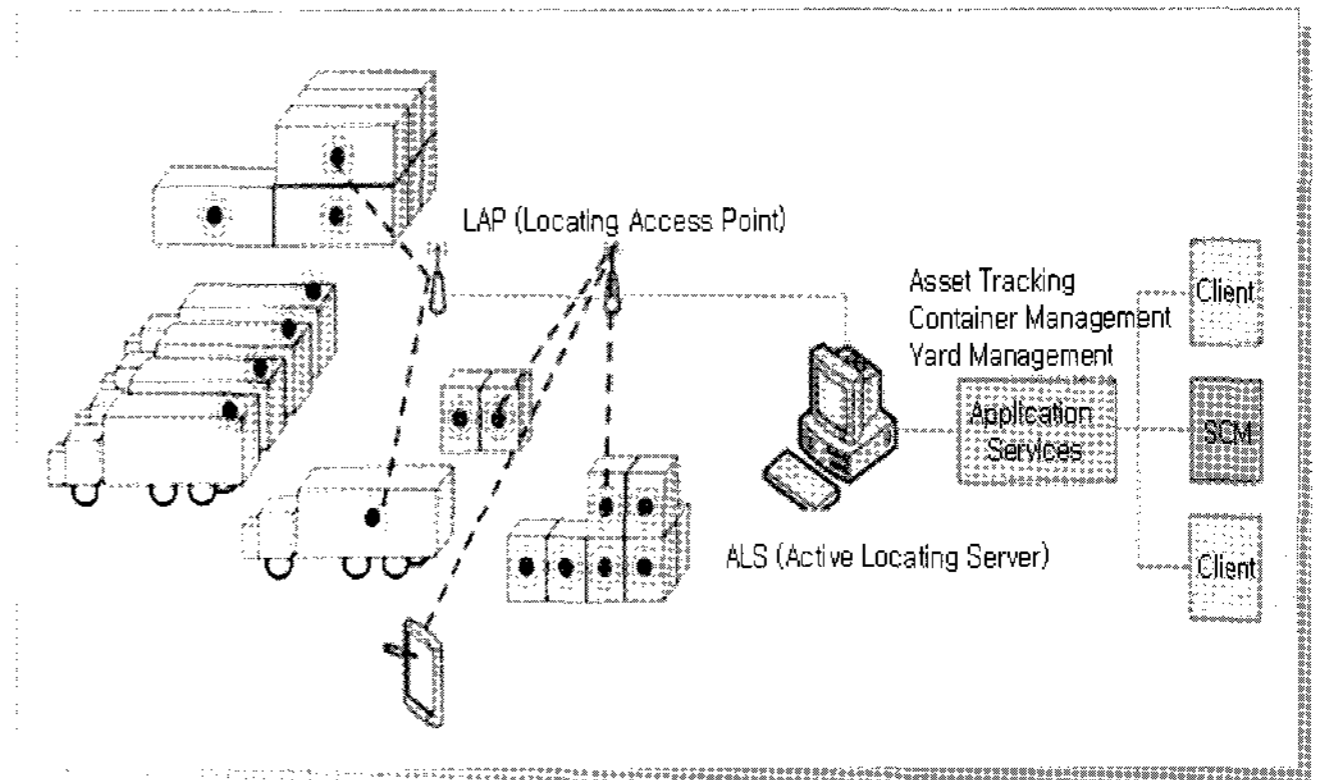


Fig. 1 Outline of RFID/USN for RTLS

자료 : 동아대컨소시엄(2006), "RFID 기반 장치장 자동화연구"

RFID 기술은 비용, 표준, 상호 운용성 등 초창기 기술도입에 따르는 위험에도 불구하고 다양한 모델을 통해 그 타당성이 입증되고 있으며, 물류를 포함하는 공급 사슬관리는 RFID 기술의 급격한 확산이 예상되는 분야로 부각되고 있다. RFID 기술의 잠재성은 다른 산업에서보다 항만물류산업에서 크게 예상되고 있다. 컨테이너 또는 이송장비에 RFID 기술을 적용하여 항만물류 공급 사슬에 참여하는 화주, 운송사, 컨테이너터미널, 선사 등에게 컨테이너의 이동경로 및 위치를 추적할 수 있는 가시적인 정보를 제공할 수 있기 때문이다. 해양수산부(2007)의 항만물류 효율화 사업을 통해 항만물류 공급 사슬의 가시성, 유연성, 안전성, 추적 가능성 등의 획기적인 개선효과를 확인한바 있다.

2.2 선행연구 고찰

Nishimura et al.(2005)는 "컨테이너터미널에서의 야드 트레일러 경로문제 연구"에서 효율적인 트레일러 할당 방식인 "dynamic routing"을 제안하였다. 유전자알고리즘을 적용한 제안모델은 트레일러의 이동거리를 최소화함으로써 트레일러 할당규모의 최적화를 목표로 하고 있다. 또한 이 연구에서는 트레일러 방식을 한 개의 컨테이너를 이송하는 방식과 다수의 컨테이너를 함께 이송하는 AGV 방식을 구분하여 제안모델을 적용하였으며 가상운영모형에서 트레일러 운영비용의 15% 가량의 절감을 기대할 수 있다고 하였다.

하 등(2005)의 연구에서는 이송장비의 조별운행방식과 Pooling 운행방식에 따른 컨테이너터미널의 하역시스템 생산

성을 비교분석하였다. 수직배치형 장치장 레이아웃으로 구성된 자동화 컨테이너터미널을 대상으로 수리적인 분석과 시뮬레이션 분석을 시행하였으며, 수리적인 분석에서는 QC(Quay Crane)와 이송장비인 AGV의 작업 사이클 타임을 비교하여 할당전략 간의 차이가 발생하는 이송장비의 운행대수 범위를 추정해 보았다. 이들은 시뮬레이션 분석에서 4가지 동적할당전략을 제시하였으며, 수행결과 QC에 대해 순차적으로 AGV를 할당하는 전략이 가장 우수하였으며 다음으로 QC 대기시간, 할당 수 및 버퍼 수를 고려한 전략이 고정할당전략보다 운행대수 및 QC 생산성 향상 측면에서 효율적인 것으로 나타났다.

Maurizio et al.(2006)은 “컨테이너터미널 분산시뮬레이션의 객체지향모델 연구”에서 분산 이산사건 시뮬레이션(Distributed discrete-event simulation)기법을 통해 컨테이너터미널에서의 작업 프로세스에서 발생하는 복잡 다양한 문제들을 시스템을 통한 의사결정지원이 이루어질 수 있도록 연관 작업별로 세분화된 UML(Unified Modeling Language) Diagram을 제시하고 있다.

Park과 Nam(2006)의 연구에서는 “RFID 기반 RTLS 기술을 통한 컨테이너터미널의 선적작업생산성 향상모델”을 제안하였다. 이 연구에서는 위치인식의 대상이 이송장비가 아닌 컨테이너인 것이 특징이며 RFID Tag를 이용하여 위치인식은 물론 컨테이너의 기본정보인식까지 고려하였다. 이를 토대로 기존 야드 적재 컨테이너의 개별 작업순번방식을 동일한 특성 그룹으로 묶은 그룹작업순번부여 방식을 통한 야드블록 내 취출율(Selectivity)을 향상하고자 하였다. 또한 개별 컨테이너의 원격 정보인식 가능으로 인해 선적 시 검수원에 의한 점검이 생략되어 생산성이 향상될 것으로 예측하였다.

Lee와 Lee(2007)의 “RFID를 이용한 RTLS기반 컨테이너터미널 야드트랙터 동적계획 모델 연구”에서는 야드에서의 재조작 발생으로 인한 생산성 저하를 지적하면서 기존 컨테이너터미널의 이송장비와 운영시스템 간의 정보단절로 인한 문제점을 개선하고 실시간 위치정보를 통한 작업통제가 가능하게 하기위해서 RTLS기반의 Dynamic Planning을 제안하였다. RTLS기반의 Dynamic Planning System은 실시간 작업배정방식을 기본으로 최소운행시간 결정 Rule과 Workload 배분 Role을 채택하고 있으며 QC작업소요시간, YC작업소요시간, YT 대기시간 등을 입력변수로 정의하였다. 특정모델에 대한 실험결과로는 Workload 배분 Rule을 이용한 방법이 보다 나은 생산성을 나타내었다. 실시간 위치정보를 기반으로 작업규칙을 탑재한 DPS를 구현할 경우 기대할 수 있는 가장 큰 효과는 이송장비의 동적할당을 통한 이동거리 최적화이며 이 연구에서 채택한 900MHz수동형 RFID 기술은 정부가 추진하고 있는 항만물류 효율화 사업에서 채택한 표준기술과 같은 규격이고, 정부사업과는 별도로 컨테이너터미널이 도입하더라도 미래의 기술호환 및 상호운용성에 문제가 없으며, 잠재적으로는 실시간 작업통제의 범위를 확대할 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 보였다.

지금까지 살펴본 선행연구를 보면, 컨테이너터미널 이송장비의 운영기법에 대한 기존 연구의 대부분은 자동화터미널의

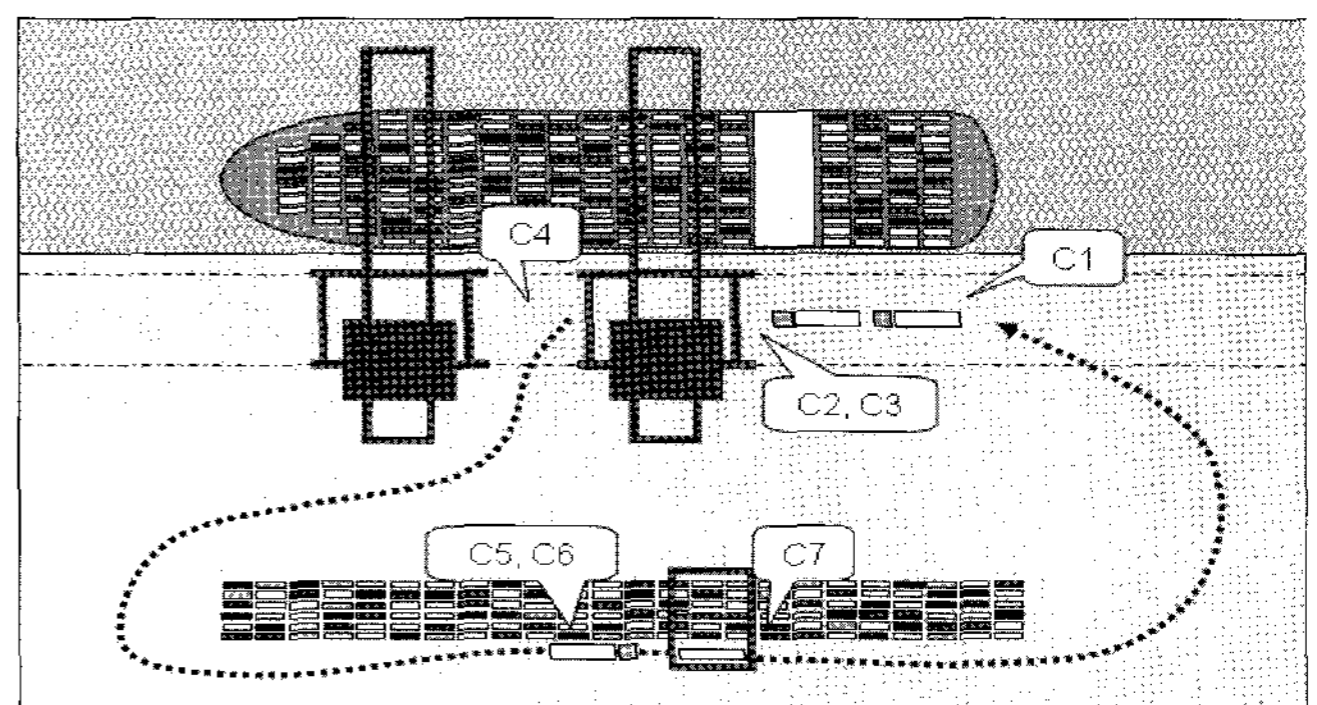
AGV 운용방식에 편중되어 진행되어 왔으며 수평배치구조의 일반터미널 운용방식에 적합한 동적할당기법에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 하지만 아직까지 절대다수의 터미널이 수직배치구조의 자동화터미널로의 전환이 불가능한 점을 미루어 볼 때 기존의 수평배치구조를 가진 일반터미널의 효율성 제고를 위한 ‘트랙터-트레일러시스템 동적 할당’ 관련 비즈니스 모델 및 의사결정기법에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

3. YT Operation

3.1 YT 운용 관련 Time study

컨테이너터미널의 본선 하역작업에 있어서 YC(Yard Crane)와 Apron의 QC를 연결시켜주는 YT의 운용효율성은 터미널 생산성에 매우 중요한 요소로 작용한다. YT의 운용효율성을 생산성과 관련한 지표로 나타내는 방법들 중 대표적인 예로 YT Turn Around Time이 있다.

YT Turn Around Time은 YT가 적·양하 작업을 위해 YC에서 QC 또는 QC에서 YC로 주행 및 대기하는데 걸리는 평균시간을 의미하며 YT 이동의 주요거점으로는 크게 QC side 대기 및 작업시간, QC side에서 YC side로의 주행시간, YC side의 대기 및 작업시간 및 YC side에서 QC side로의 주행시간 등이 있다. 이와 같은 각 거점 및 구간별 소요시간을 점검하여 특이사항 및 원인을 분석하여서 개선점을 발견하는 것이 YT Time Study의 목적이라 하겠다.



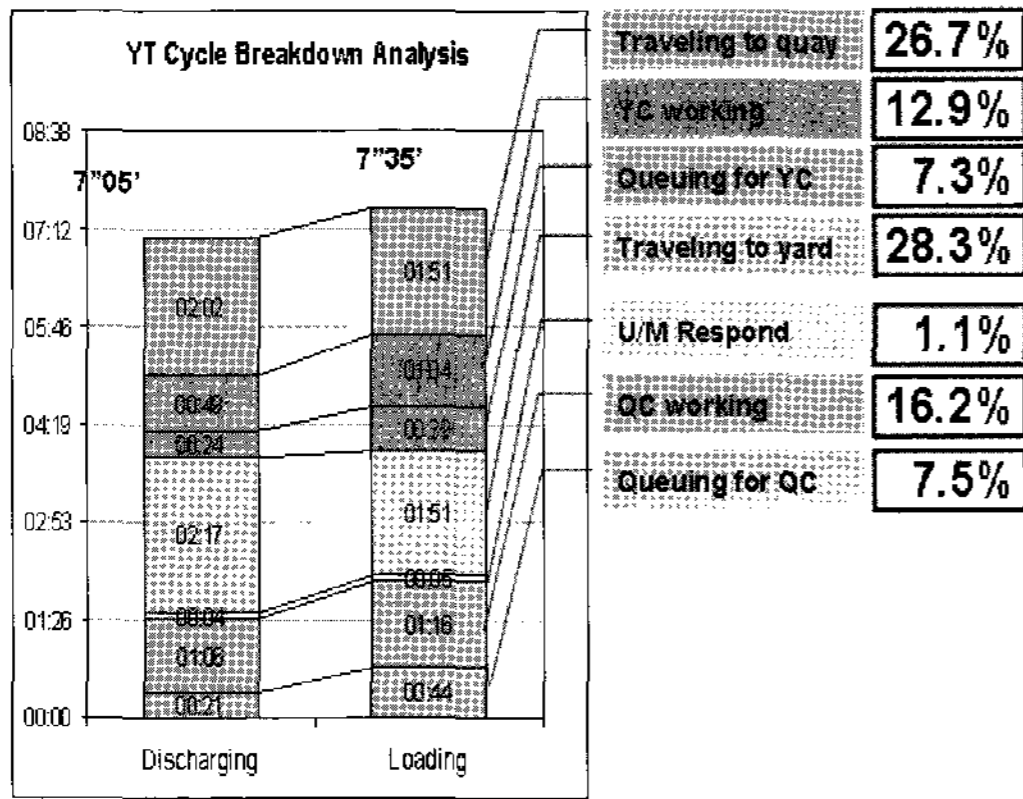
Checkpoint	Description
C1	YT의 QC side 도착 시점
C2	QC 작업시작 시점
C3	QC 작업종료 시점
C4	Underman의 YT 다음 작업 할당 시점
C5	YT의 YC side 도착 시점
C6	YC 작업시작 시점
C7	YC 작업종료 시점

Fig. 2 Check point of YT time study

Fig. 2는 YT Working Cycle에서 Time Study를 위한 거점별 Check Point를 도식화한 것이며 평균 소요시간 산출을 위해서 전산화가 되어 있는 경우는 YT Operation과 관련하여 Log Data를 활용하고 그렇지 않은 경우에는 각 Check Point

에 인원을 배치하여 실측함으로써 Data를 얻을 수 있다.

Fig. 3은 허치슨부산컨테이너터미널에서 Fig. 2에서 제시한 체크포인트 사이의 평균소요시간을 산출한 결과를 제시하고 있다. 전체 소요시간 중 가장 큰 비중을 차지하는 것이 QC side에서 YC side로의 주행시간(28.3%)이며 그 다음이 YC side에서 QC side로의 주행시간(26.7%)임을 알 수 있다.

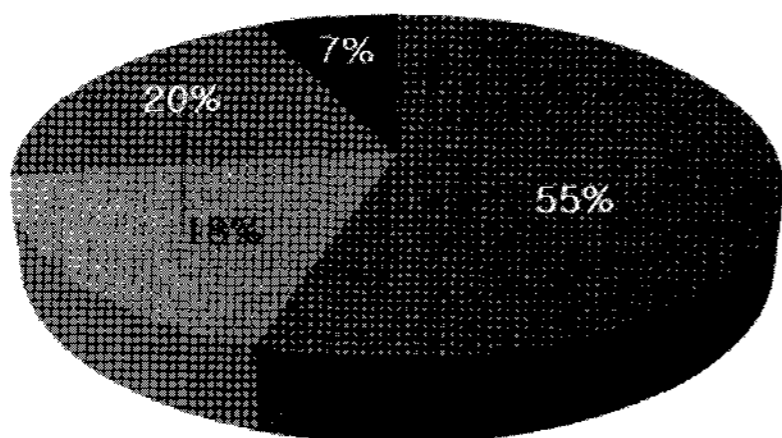


Activity	Duration
1) YT queuing time for QC	= C2 - C1
2) QC working time	= C3 - C2
3) U/M response time	= C4 - C3
4) YT traveling time to yard	= C5 - C4
5) YT queuing time for YC	= C6 - C5
6) YC working time	= C7 - C6
7) YT traveling time to quay	= C7 - C1

Fig. 3 YT Cycle Time Analysis Data

자료 : 한국허치슨터미널(주) 내부자료

결과적으로 YT Turn Around Time에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 장비에서의 대기시간이 아니라 주행시간에 있으며 그러므로 주행시간의 단축이 전체시간을 단축할 수 있는 가장 효과적인 방법이라는 결론을 얻을 수 있다. 사실 YT가 QC 또는 YC에서 대기하는 시간은 YT만의 개선노력으로 해결할 수 있는 부분이 아니며 고효율의 하역장비로 교체하지 않고서는 그 효과가 미비할 것이다.



■ Driving ■ Waiting for next job order ■ Idling ■ etc

Fig. 4 YT Traveling Time Analysis Data

자료 : 한국허치슨터미널(주) 내부자료

Fig.4는 YT Traveling Time을 다시 세분화한 도식이며 여기에서 보면 실제 YT가 주행하는데 소요된 시간외에 다음 작업지시를 받기 위해 기다리거나 작업 지시의 혼선 또는 오인으로 인해 허비되는 시간이 많음을 알 수 있다. 특히 QC나 YC에 문제가 발생하거나 중단사유가 생겼을 경우 YT Cycle 상의 작업지시체계에도 중단이 발생하여 YT가 휴지(Idle)할 때가 종종 발생한다.

YT Time Study 통하여 나타난 결과와 같이 YT의 주행시간부분에서 시스템적 개선이 이루어진다면 YT Turn around time을 상당량 줄일 수 있으며 YT의 가동효율성 또한 높일 수 있게 된다. 이에 대한 대안으로 등장한 것이 YT Pooling System이다.

3.2 YT Pooling Operation 개요 및 적용효과

일반적인 YT 운용방식은 Fig. 5와 같이 각 크레인별로 일정수의 YT를 고정 할당하는 방식으로 작업배정 및 장치장 위치 안내는 크레인 하부에 위치한 작업조정인원(언더맨)의 음성안내 또는 크레인에 부착된 전광판에 의존하여 진행된다. 이러한 YT 배정 및 운용방식에 따르면 크레인 고장, Hatch Cover 개폐 또는 Bulk 화물 작업 시 해당 크레인의 YT도 휴지할 수밖에 없다. 그리고 상황에 따라 우선작업이 요구되거나 작업진행속도가 빠른 크레인에 추가 YT를 탄력적으로 지원시키는 것도 현실적으로 어려운 문제이다. 이로 인해 YT의 가동효율이 떨어지고 크레인의 YT 수요에 충분한 배차가 이루어 지지 않아서 생산성에도 영향을 미치게 된다.

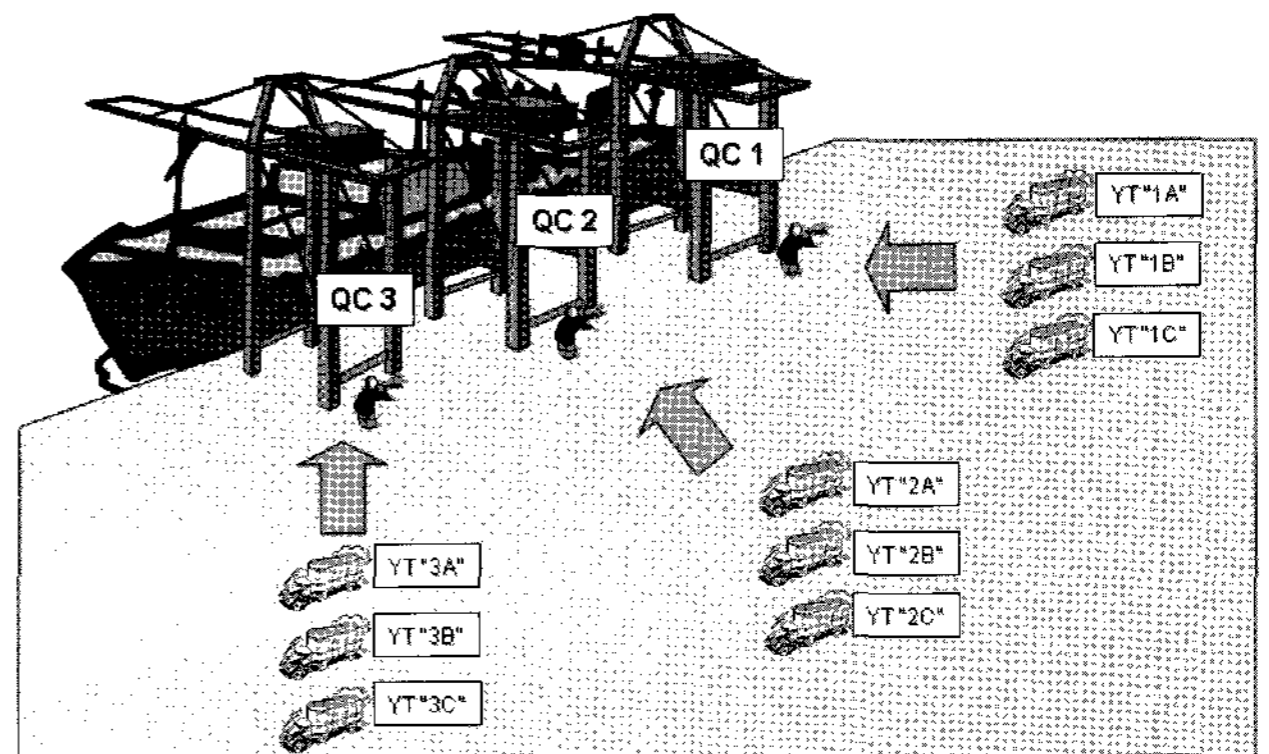


Fig. 5 Diagram of Conventional YT Operation

이러한 문제점을 해결하기 위한 대안으로 등장한 운용방식이 YT Pooling Operation이다. 터미널 내에 무선통신 시설이 도입되고 각 장비마다 전산단말기(VMT)¹⁾가 탑재됨에 따라 기존의 음성통제방식이 아닌 전산에 의한 시스템적 통제가 가능해졌다. YT Pooling System은 이러한 하드웨어적인 지원으로 인해 Fig.6에서와 같이 YT를 해당 크레인에 고정 배정시키는 것이 아니라 선석에 작업 중인 모든 크레인을 통합하여 하나의 YT Pooling 그룹을 만들어 운용토록 관리하는 기법이다.

1) VMT : Vehicle Mounted Terminal, 차량탑재전산단말기

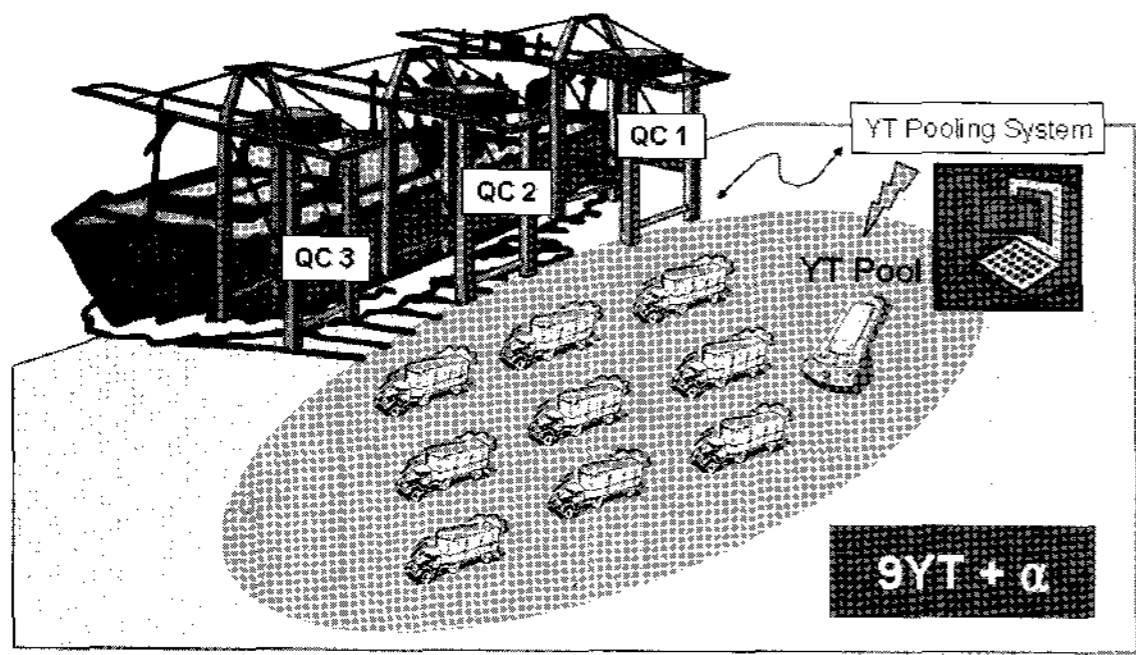


Fig. 6 Diagram of YT pooling operation

Table 1에서 비교한 특징과 같이 YT Pooling Operation을 사용하면 특정 크레인의 중단이 발생하거나 작업상황의 변화가 있을 때에도 시스템에서 탄력적으로 YT를 재분배시킴으로 YT가 휴지하는 경우가 줄어들어 가동효율이 높아진다. 또한 YT에 대한 작업지시가 시스템에 의해 각각의 YT 단말기로 전송되기 때문에 기존의 음성통제방식에 비해 전달시간이 절감되고 작업상의 혼선도 해소되어 YT Turn Around Time이 줄어들게 된다.

결과적으로 YT Pooling System은 일반운용방식과 비교할 때 YT를 추가 투입한 효과를 볼 수 있다.

Table 1 Keynote of none-pooling & pooling operation

구분	None-Pooling	Pooling
운영방식	QC별 고정 YT 대수 할당	그룹단위 YT Pool 지정으로 QC별 유동적 YT 할당
대기시간	조별운영으로 YT의 QC 대기 시간이 많이 발생하며 QC별 YT의 불균형 야기	유동적 운영으로 YT의 QC 대기시간을 상당부분 줄일 수 있음
생산성	YT가 특정 QC에 종속되어 장비의 가동효율성이 낮음	YT가 여러 QC의 작업량에 따라 유연하게 배치됨으로 장비 가동효율성이 높음

3.3 YT Pooling Operation의 한계 및 개선요구

YT Pooling Operation이 기존의 일반운용시스템과 비교할 때에 보다 효율적인 것은 사실이나 현 단계에서는 몇 가지 기능적 한계 및 문제점을 안고 있다. 그 중 가장 큰 제약은 각 YT의 위치인식기능 부재로 인해 야기되는 문제들이다.

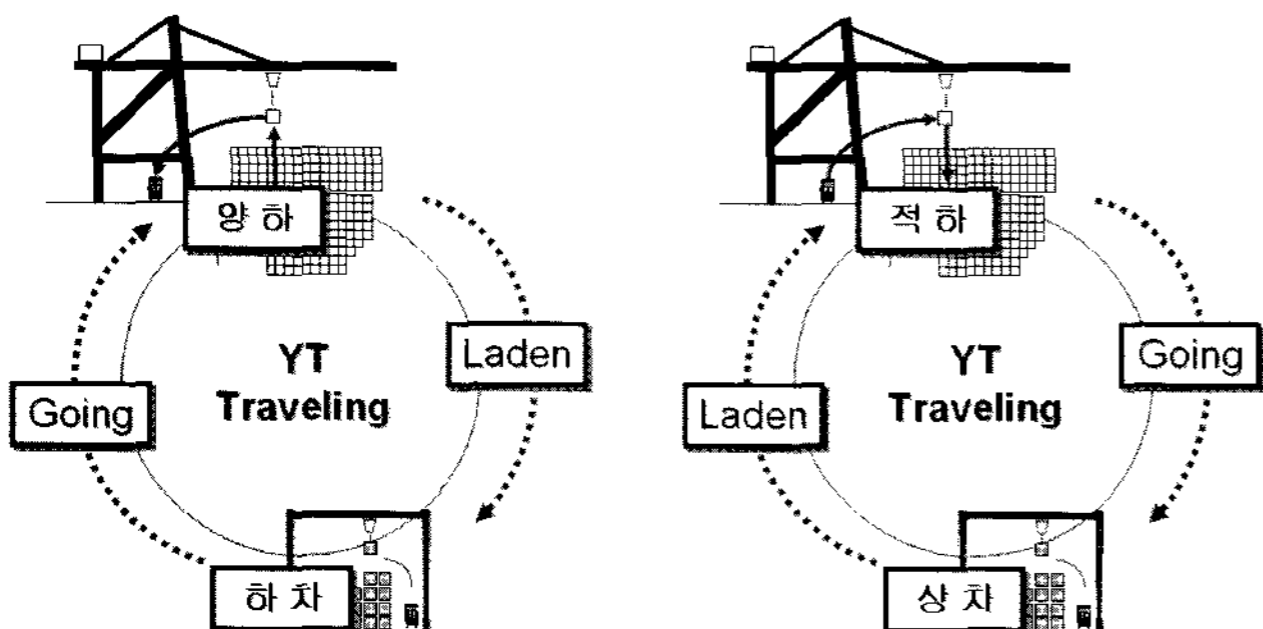


Fig. 7 Job status of conventional YT operation

기존의 YT Operation은 Fig. 7에서와 같이 위치인식의 부재로 인해 YT 이동경로상의 가시성이 QC side와 YC side의 전산처리 시점에 제한되어 있다. 다시 말해 YT가 작업 대상 컨테이너를 싣고 있는 상태(Laden YT)인지 공차로 다음 작업 위치로 이동 중인 상태(Going YT)인지만을 시스템이 인식할 수 있다. 이러한 제약사항으로 인해 YT가 QC와 YT사이에서 주행 중인지 다음 작업지시를 대기 중인지 아니면 휴지 또는 기타 고장과 같은 특이상황인지를 인식할 수 없다. 또한 YT가 즉시 다음 작업을 수행 가능한 위치로 도착되었는지 여부를 알 수 없기 때문에 최근접 작업위치에 대한 최적의 작업지시를 내리는 것이 불가능하다. 또한 다선석 터미널의 경우 2개 이상의 선석들 간의 YT Pooling도 필요할 수 있는데 복수 선석 통합 Pooling은 위치인식기능 없이는 그 기능이 불완전할 수밖에 없으며 양·적하 크레인간의 교번작업도 구현하기가 매우 어렵다.

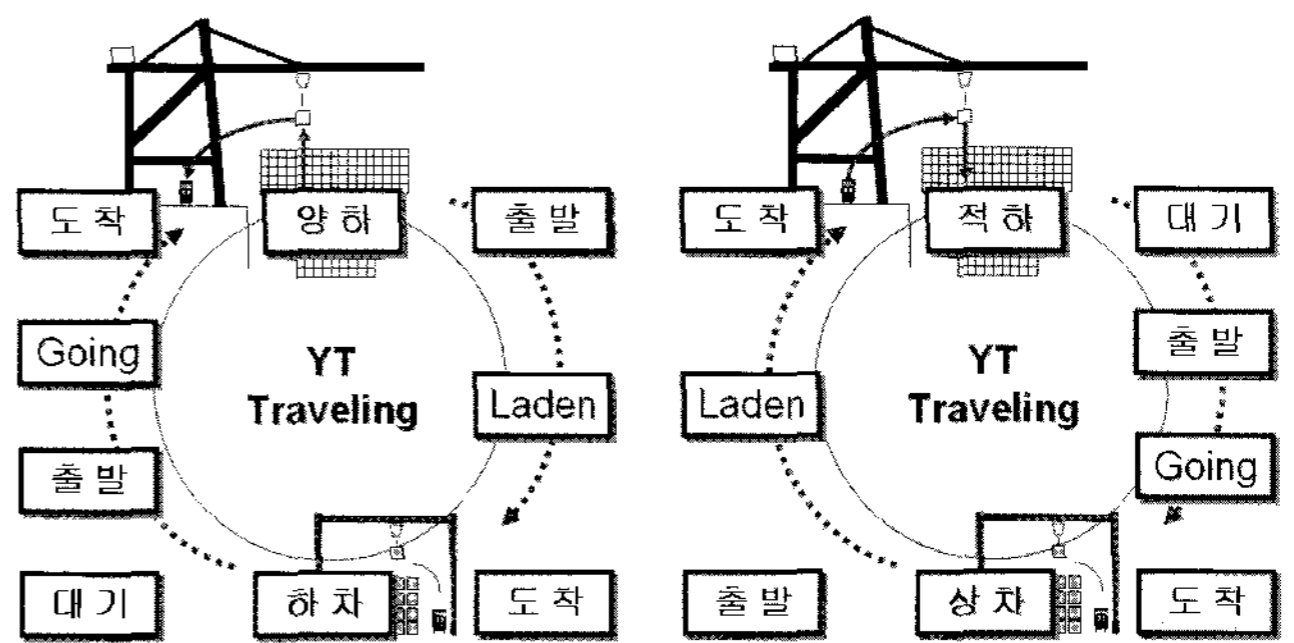


Fig. 8 Job status of RTLS based YT operation

그러나 Fig. 8에서와 같이 YT에 실시간 위치인식 정보가 제공된다고 가정하면 YT의 상태 및 현재 작업단계상의 위치 정보를 보다 세분화하여 시스템에 제공할 수 있을 것이다.

4. RTLS 기반 YT Dynamic Operation 모델 제안

4.1 YT Dynamic Operation의 개요

YT 운영시스템은 이송장비로써 장치장과 안벽을 연계함에 있어서 Quay Crane과 Yard Crane을 1대1로 지정하여 작업을 할당하는 방식에서 보다 유연하게 배치되는 YT Pooling 방식으로 발전하였다.

그러나 YT Pooling 방식은 작업관리의 편이를 위해 작업종류 및 영역별로 Pooling 그룹을 생성하여 해당 그룹 내에서만 작업이 가능하도록 제한됨에 따라 엄격한 의미에서 동적작업 배치라 할 수 없다. YT Dynamic Operation은 Fig. 9에서 보여주는 바와 같이 위치인식기술을 기반으로 YT Pooling 방식에서 유연성을 제한하는 요소인 Pooling 그룹을 생성하지 않고 모든 작업영역에서 작업종류를 구분하지 않고, 자유롭게 최적의 위치를 찾아 실시간으로 시스템에서 배치시키는 운영

방식이다.

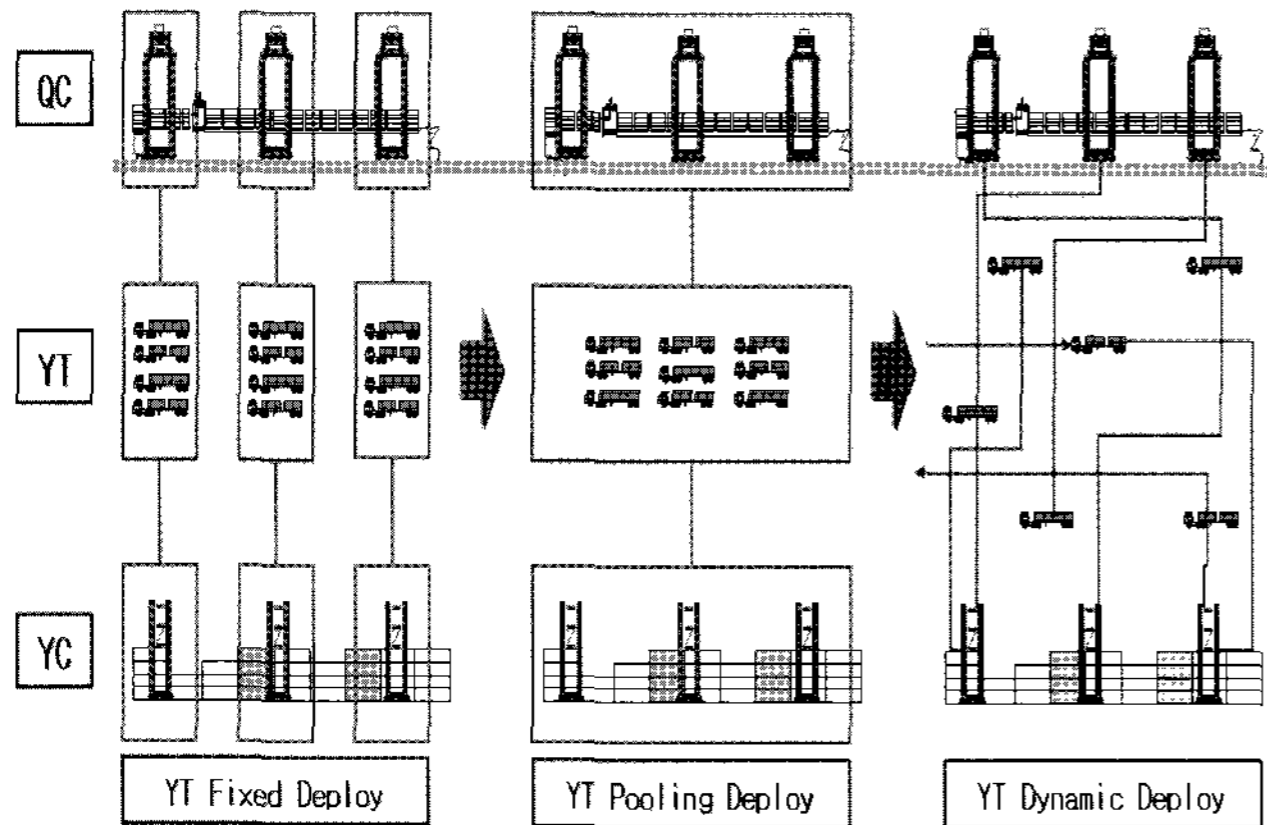


Fig. 9 New ways of YT operation system

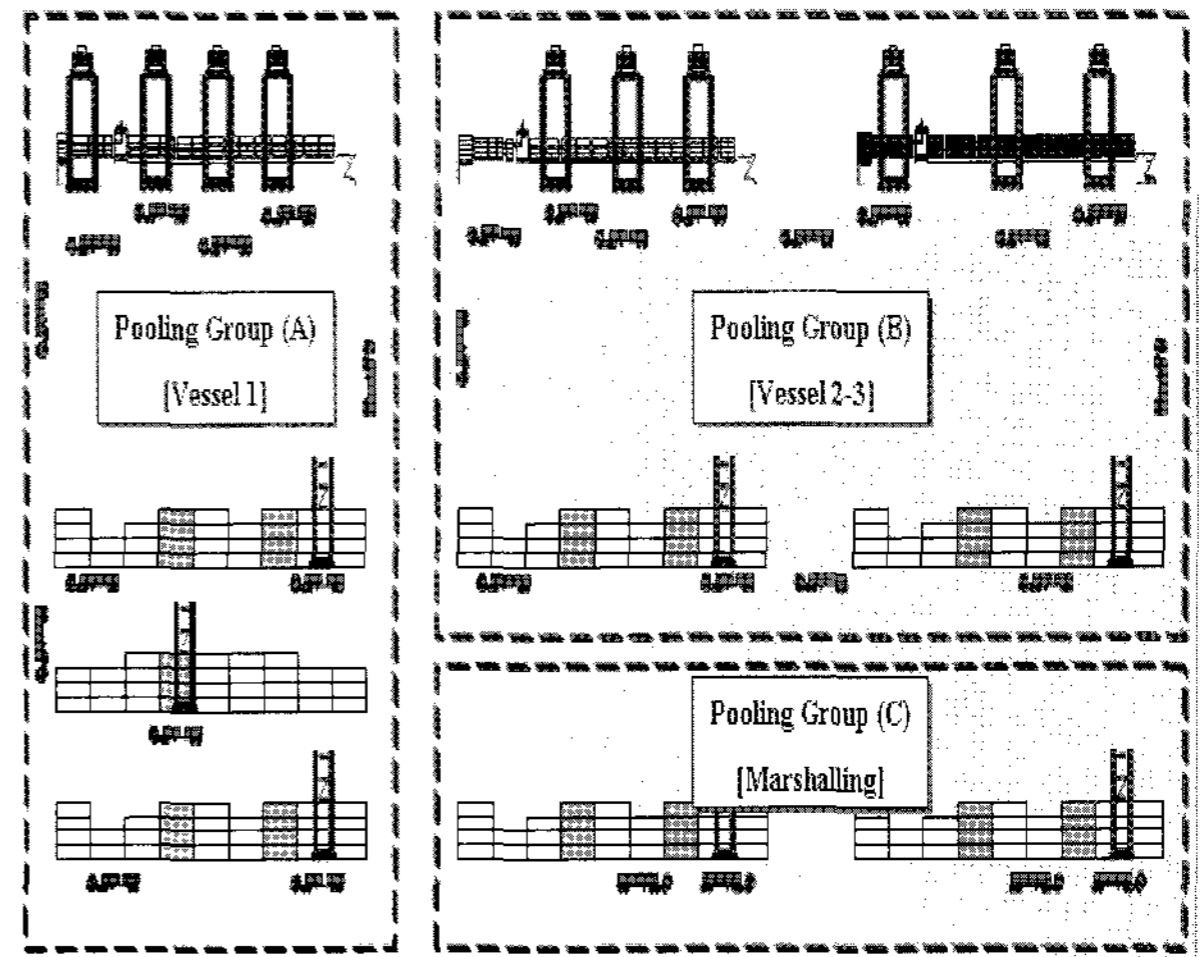


Fig. 10 Conceptual diagram of YT pooling operation

4.2 YT Pooling과 YT Dynamic Operation 비교

앞에서 언급한바와 같이 YT Pooling Operation은 위치인식 기능의 부재로 인해 최근접 작업지시가 정확하게 이루어 지지 못하는 문제점과 작업 중인 YT가 거점과 거점사이에서 경로를 이탈하거나 휴지하고 있는 경우 그리고 다선석 통합 Pooling시 정확한 실시간 위치파악이 되지 않음으로 인한 작업배정의 혼선 등이 해결해야 할 과제로 지적한 바 있다.

위치인식 기반을 고려하지 않은 현행의 YT Pooling System에서는 Fig. 10과 Fig. 11에서 보여 지는 특성과 같이 모선 또는 작업 단위별로 Pooling Group을 설정하고 각 Pooling Group 마다 적정 대수의 YT를 배정하는 방식으로 이루어지고 있다.

이러한 현재의 YT Pooling Operation에 RTLS 기술을 적용한 실시간 위치인식정보가 부가된다면 다선석의 터미널의 경우에도 현행과 같은 Pooling 그룹을 생성하여 관리하는 절차가 불요할 뿐 아니라 보다 신속한 작업배정 그리고 최근접 거리의 작업배정이 가능하여 진다. 다시 말해서 각각의 YT가 VMT를 작동시켜 작업준비 상태가 되면 YT Deployment System에서 해당 YT의 위치정보를 수신하게 되고 Pooling 그룹 및 본선 또는 야드작업의 구분여부와 관계없이 해당 위치에서 가장 가까운 거리의 작업에 우선 배정되게 되는 것이다. 더 이상 단일 선석, 복수 선석 Pooling 구분이 의미가 없게 되며 Pooling 그룹 간 스케줄 관리도 불필요하게 된다.

Fig. 12와 Fig. 13은 YT Dynamic Operation의 개념 및 특징을 보여주고 있으며 모든 가용 YT는 작업 대상과 작업영역에 있어서 어떠한 제약도 받지 않고 자유롭게 배정될 수 있다. 이와 같은 위치인식 기반의 동적배정방식은 Table 2에서 정리한바와 같이 최근접작업을 우선으로 배정함으로써 YT 주행거리를 획기적으로 감소시켜 단위 컨테이너 당 YT Cycle Time을 줄여주며 연료유 사용량을 감소시켜 준다. 또한 작업 영역의 확대로 인해 YT가 휴지하는 상황이 거의 발생하지 않아 가동효율성이 상대적으로 높아지게 되며 인적자원의 절감도 기대할 수 있다.

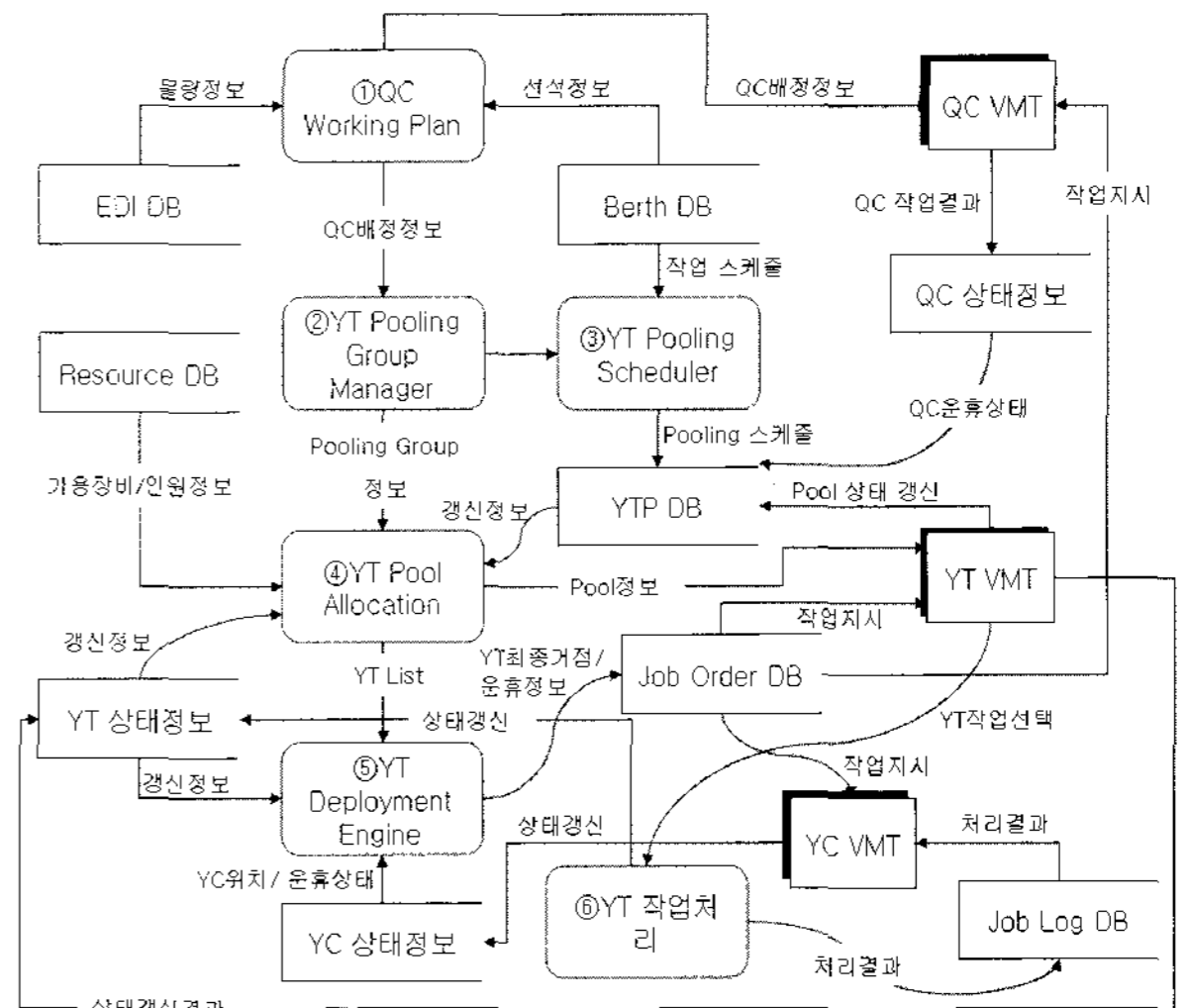


Fig. 11 DFD of YT pooling operation

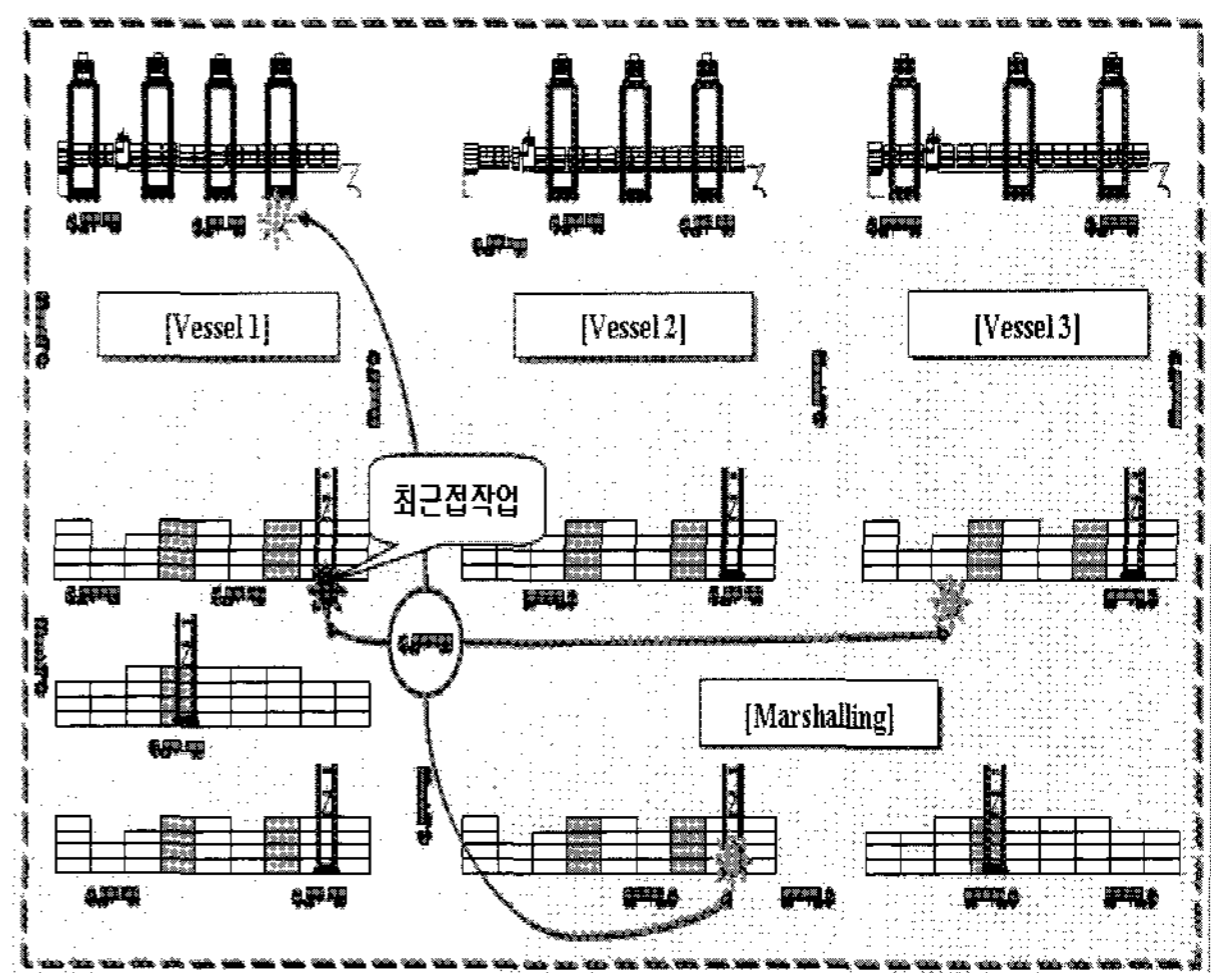


Fig. 12 Conceptual diagram of YT dynamic operation

물론 이러한 기존의 YT Pooling 운영방식도 일반적인 YT 배정방식 보다는 획기적으로 YT 가동 효율을 높이는 효과가 있지만 작업 단계별 YT의 Pooling Group간 이동 스케줄을 지

정하고 관리해야 하며 지속적으로 모니터링하면서 조정해야 하는 어려움이 있다. 또한 YT의 Group간 이동이 제한적이어서 유연성 있는 작업배치가 불가능하다.

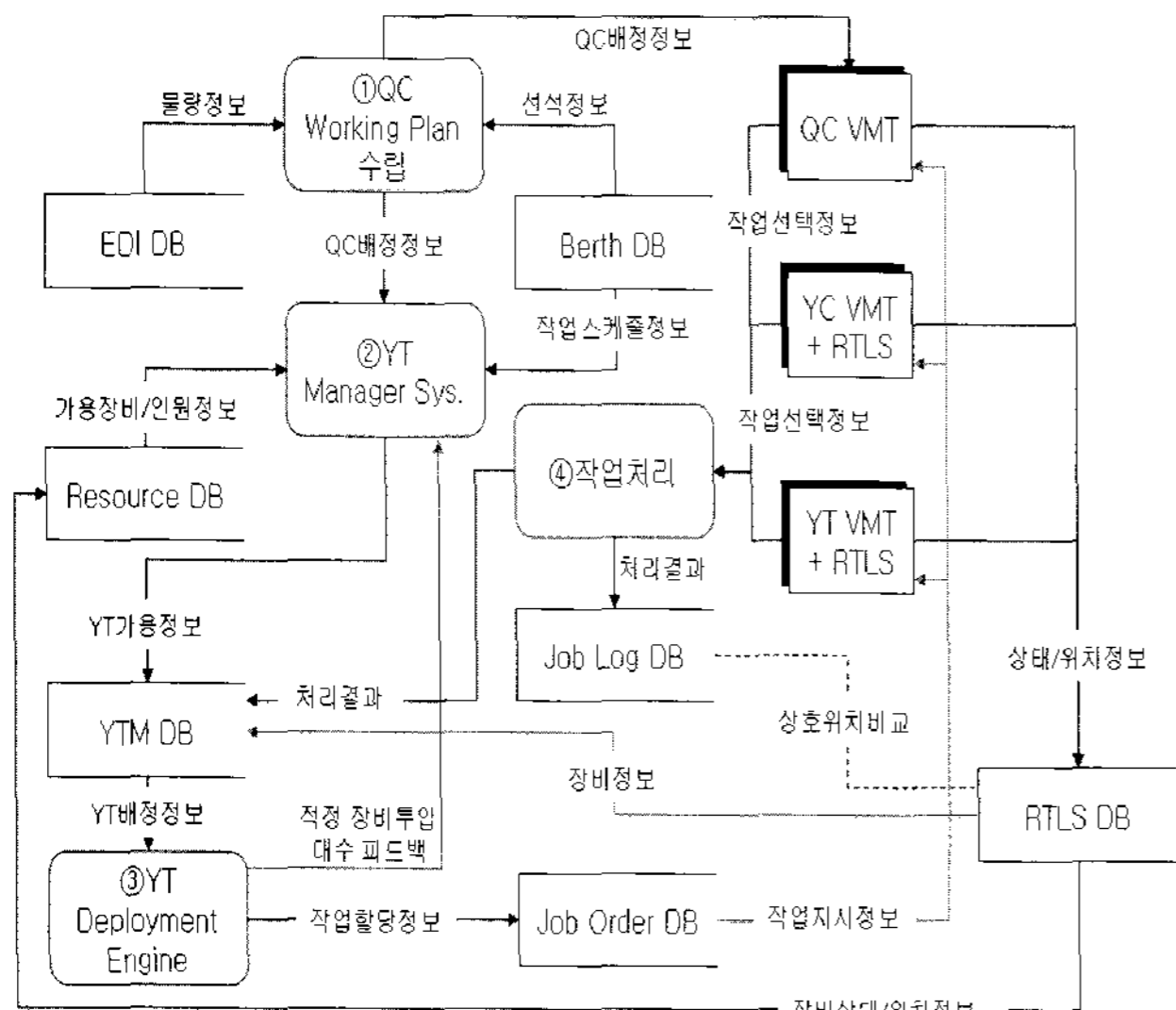


Fig. 13 DFD of YT dynamic operation

Fig. 14는 YT Dynamic Operation에서 실시간 위치를 고려한 YT의 동적할당기능을 담당하는 YT Deployment Engine의 의사코드이다.

기본적인 작업규칙은 Planning System으로부터 수신한 컨테이너 Working List(setCon)에서 현재 작업가능 컨테이너군을 파악(setConA)한 후 QC의 작업순서와 적재컨테이너의 shuffling을 고려하여 우선순위를 정한다. 그리고 QC의 현재 상태를 파악(setQC)하여 대상 QC가 선적인 경우에는 먼저 Twin Lift여부를 확인(setTW)하고 YT의 이동시간을 감안한 작업완료시간과 평균QC작업시간을 비교하여 최적 YT에 작업을 할당하게 되며 양하인 경우 QC 도착시간이 가장 짧은 YT에 우선 할당하게 된다.

Fig. 14 Pseudo code for YT dynamic deployment engine

```

1. Get the list of containers to be handled from Working Plan database - setCon
2. Identify Containers to be handled simultaneously - setConA
3. Prioritize of containers in setConA with regard to QC Priority Rule Database and Container Position
4. Check the status of QCs and gather list of QC braking rules from QC Priority Rule Database - setQC
5. while ( not null setQC ) {
    If a specific QC for "Loading" then
        Calculate YT traveling time for each container in setConA and each YT
        If ( QC on Twin Lift Mode = Yes ) then
            Find feasible containers for the container of minimum YT traveling time (a) - setTW
            Calculate YT traveling time(b) for each container in setTW and each YT
            If ( a - b ) < average QC operation time
            then
                Assign (YT, container) pairs
            else Assign only (YT, container) of minimum YT traveling time
            End
        else a specific QC for "Discharging" then
            Calculate YT moving time to 'A' QC
            Assign (YT, container) of minimum YT moving time
            end
            update setCon, setQC, RTLS base YT Traffic Control System, Job Order DB }
6. Select a container in setConA having highest priority
   Calculate YT traveling time for each YT
   If ( QC on Twin Lift Mode = Yes ) then
       Find feasible containers for the container of minimum YT traveling time (a) - setTW
       Calculate YT traveling time(b) for each container in setTW and each YT
       If ( a - b ) < average QC operation time
       then
           Assign (YT, container) pairs
       else Assign only (YT, container) of minimum YT traveling time
       End
7. update setCon, Job Order DB, RTLS base YT Traffic Control System
8. If not null setCon, then Goto step 1, else Terminate
    
```

Table 2 Keynote of YT pooling & YT dynamic operation

구분	YT Pooling Operation	YT Dynamic Operation
운영방식	작업종류 및 영역별로 Pooling 그룹을 생성하여 일정 수의 YT를 할당하고 시스템에서 그룹별로 배정	YT 개별 실시간 위치인식을 기반으로 작업그룹지정 없이 시스템에서 최적위치로 자유롭게 배정
작업영역	해당 Pooling 그룹 영역으로 YT 배정 제한	모든 작업영역에 YT 배정 가능
작업종류	해당 Pooling 그룹의 작업종류로 제한	모든 작업종류에 YT 배정 가능
일정관리	Pooling 그룹별 작업시간이 상이함에 따라 YT별 작업일정관리가 필요	모든 작업영역에 동적배치가 가능함에 따라 별도의 일정관리 불요
효율성	Non Pooling과 비교하여 유동적 운용으로 가동효율성이 높으나 Pooling 그룹전체의 작업 중단이나 상황에 따라 잉여 YT 발생 및 추가적인 대기시간 발생	특정 위치에 작업 중 특이상황이 발생해도 즉시 YT가 다른 작업으로 자유롭게 이동 가능함에 따라 가동효율성이 상대적으로 높아지며 원활한 Dual Operation 지원이 가능함
경제성	Pooling 그룹별로 소요 장비대수 및 인원을 산정함으로 인해 상대적으로 많은 자원이 필요	위치인식기반 동적배치로 인해 상대적으로 이동거리가 단축되어 최소한의 장비배치로 경제적인 운용이 가능함

setConA는 현재 처리 가능한 컨테이너를 파악하고 이를 통해 YT 할당을 위한 컨테이너 우선순위, YT traveling time 등의 계산량을 줄이는 역할을 담당한다.

이와 같은 방식으로 작업계획에 따른 YT의 동적 할당이 반복되며 할당 시 마다 갱신되는 setCon, setQC, RTLS base YT Traffic Control System, Job Order DB의 정보들은 YT resource 관리 및 최적경로 등의 의사결정을 지원하게 된다.

4.3 YT Dynamic Operation을 위한 Traffic Control

YT Dynamic Operation은 운용효율성면에서 상당한 효과가 기대되는 반면 AGV와 같은 무인운용이 아닌 YT의 경우 해당 기사로 하여금 작업의 종류와 처리위치가 시시각각 변함에 따른 고도의 집중력 요구와 최적주행경로 판단에 대한 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 향상된 인터페이스 제공으로 사용자가 쉽게 작업을 인지할 수 있도록 YT용 VMT를 개선하고 야드 내 각 교차로 및 주요거점에 교통량 및 상황인식을 고려한 최적경로안내가 우선되어야 할 것이다.

터미널의 위치 기반 Traffic Control 서비스 모델은 장치장간의 교차로 및 주요 거점에 설치된 리더기를 통하여 수집된 이동 장비의 위치정보 및 상태정보를 통합하여 RTLS 서버에서 관리하게 된다. 이러한 제반정보를 가공한다면 출발 전 목적지로 가는 경로의 정체 구간을 각 구간의 센서 네트워크에 접속하여 정체가 있는 교차로의 정보를 취득하고 이동시간을 최소화하기 위해 정체 구간을 회피하여 최단시간의 이동로를 검색하는데 도움을 줄 수 있다. 이러한 정보는 지능형 센서 네트워크로 인해 각 차량에 탑재된 VMT가 구간별 정체 정보를 이용하여 최적 경로를 안내하여 구간의 교통량을 분산시키는 역할을 한다(김과 이, 2005).

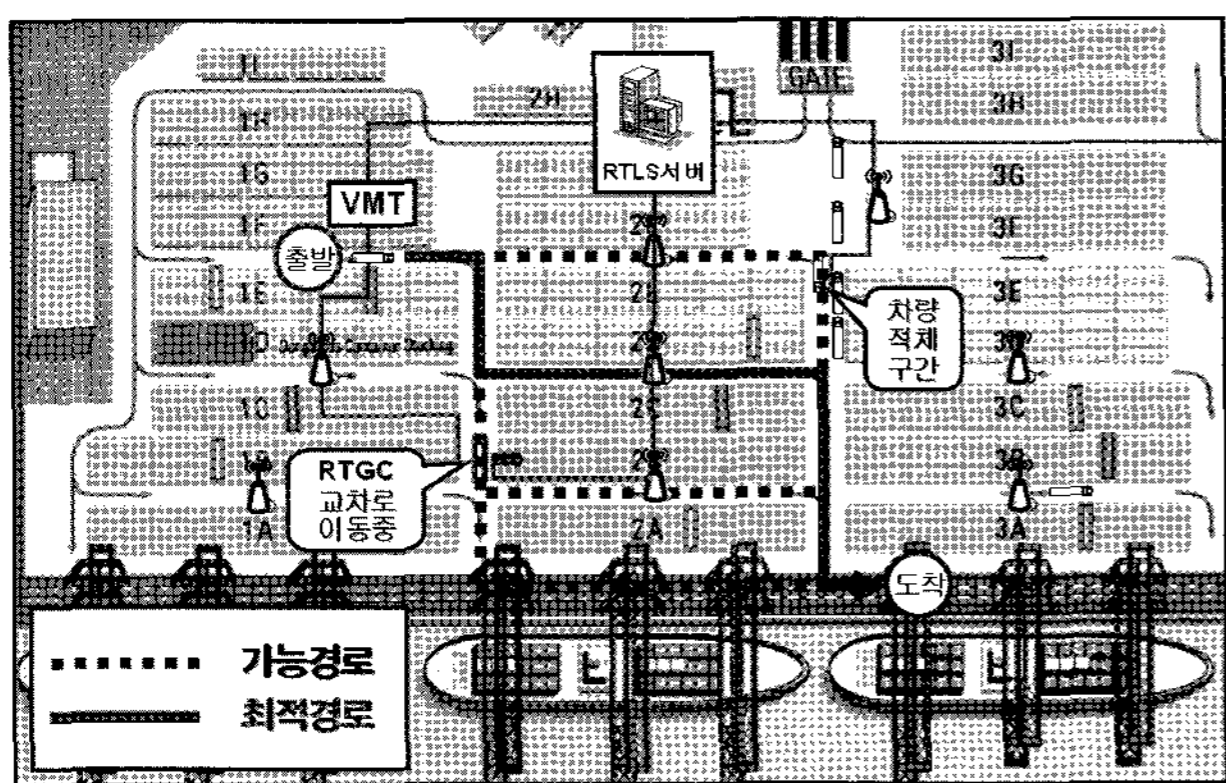


Fig. 15 Conceptual diagram of RTLS base YT traffic control system

Fig. 15에서와 같이 수평구조의 CY를 운용하는 컨테이너터미널의 경우 컨테이너 장치영역에 외부트레일러와 내부트레일러(YT)가 함께 운용됨에 따라 장치장 간 교차로 및 특정 지역에 교통량이 폭주하여 원활한 작업이 이루어지지 못하는 경우가 종종 발생한다. 또한 야드 크레인의 블록 간 이동 및

교차로에서의 회전 등이 차량 주행 중 육안으로 잘 인식하지 못하는 경우도 있어 불필요한 대기시간이 발생하기도 한다. 정방향 구조의 CY는 대부분의 경우 현 위치에서 목적지로 가는 경로가 2개 이상 존재하기 때문에 각 장비 및 차량의 위치 정보를 활용하여 최적 경로를 VMT를 통하여 제공하게 된다. Traffic 문제로 야기되는 생산성 저하 문제를 해결할 수 있으며 보다 효율적인 YT Dynamic Operation을 가능하게 할 것이다. 또한 이러한 최적 경로 제공은 운전자가 미처 인식하지 못한 교차로의 돌발 상황으로 발생하는 상당수의 충돌사고 예방에도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

5. 결 론

본 연구에서는 현재 운영되고 있는 YT Pooling Operation의 문제점을 확인하기 위하여 YT Time Study의 결과를 통해 YT 주행시간 영역에서 작업대기와 작업지시를 수신하는 과정에 시스템적 개선이 필요함을 확인하였으며 YT Pooling Operation의 개요와 Non Pooling Operation과 비교하여 개선된 내용을 살펴보았다. 또한 YT Pooling Operation의 운용 중 도출된 한계와 문제점을 통하여 보다 높은 운용효율성 확보 방안으로 RTLS 기반 YT Dynamic Operation의 개념적 모델을 제안하였으며, 적용 모델의 DFD를 상호 비교하여 제시함으로써 구현 모델의 차별성과 특징을 명확하게 하였다. 또한 본 연구모델 구현을 위해서 YT Dynamic Operation에서 실시간 위치를 고려한 YT의 동적할당기능을 담당하는 YT Deployment Engine을 의사코드로 제시하였다. 뿐만 아니라 YT Dynamic Operation 적용 시 작업영역의 확대와 다양한 작업 지시로 인해 예상되는 장치장 내 Traffic Control 문제에 대한 대안도 함께 제시함으로써 실질적인 YT 동적운용효과를 구체화하고 있다.

향후 본 연구의 단계에서 제시하고 있는 의사결정방법에 따라 시뮬레이션 기법을 적용한 정량적인 효율성 분석 연구가 뒤따라 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 김기형, 이창훈(2005), "USN 기술동향 분석", 한국전산원, pp. 195-196.
- [2] 동아대학교컨소시엄(2006), "RFID 기반 장치장 자동화(RTLS) 연구".
- [3] 이석용(2007), "RTLS 기반의 컨테이너터미널 Dynamic Planning에 관한 연구", 부산대학교 대학원, 박사학위논문.
- [4] 하태영, 신재영, 최용석(2005), "이송장비 Pooling 운행방식에 따른 터미널하역생산성 효과", 한국항해항만학회 2005 춘계학술대회, pp. 377~382.
- [5] 한국허치슨터미널(2003), "YT Time Study 분석" 자료.
- [6] 해양수산부(2007), "RFID 기반 항만물류 효율화 사업" 홍보자료.

- [9] Nishimura, E., Imai A., and Papadimitriou S. (2005), "Yard trailer routing at a maritime container terminal", *Transportation Research Part E* 41, pp. 53~76.
- [8] Lee, S. Y. and Lee, C. H.(2007), "A Study on the RTLS based Dynamic Planning of Yard Tractors in Container Terminal", *International Journal of Navigation and Port Research*, Vol.31, No.2, pp. 141 ~149.
- [7] Bielli, M., Boulmakoul, A., and Rida, M. (2006), "Object oriented model for container terminal distributed simulation", *European Journal of Operational Research* 175, pp. 1731 ~1751.
- [10] Park, D. J. and Nam, K. C.(2006), "RFID based RTLS for Improvement of Loading Productivity in Container Terminal", *International Journal of Navigation and Port Research*, Vol.30, No.4, pp. 285~290.

원고접수일 : 2007년 10월 11일

심사완료일 : 2008년 5월 26일

원고채택일 : 2008년 6월 3일