

컨테이너 크레인 시뮬레이터 개발을 위한 크레인 및 고장 설정에 관한 기초연구

소명옥* · 진선호** · 이윤형** · 안종갑** · 최우철**

A Basic Study on Setting of Crane and Its Faults for Development of Container Crane Simulator

Myung-Ok So · Sun-Ho Jin · Yeun-Hyung Lee · Jong-Kab Ahn · Woo-Chul Choi

Abstract : As demands for operational safety and efficiency of crane have been intensified, the requirements for crane drivers' skill have become complicated and intricate. Thus, the need exists for effective training devices to better prepare crane drivers for the challenges that they will encounter in the actual crane operating environment. Utilizing simulation technology, even the most skillful and experienced crane drivers are able to improve their operation skills. Crane simulator can provide as much valuable experience as actual crane operation. Situations requiring high skill levels can be practiced repeatedly and, even though mistakes may be made, damage to actual equipment and injury to personnel do not occur. As the basic study on crane simulator, this paper introduces the setting of crane speed, weights, wind, sway, and the fault setting of twist lock, flippers, spreader lamps, and hydraulic systems, etc.

Key words : Crane(크레인), Fault setting(고장설정), Virtual reality(가상현실), Simulator(시뮬레이터)

1. 서 론

해상 운송의 현대화와 선박의 대형화 추세에 따라 컨테이너 터미널의 하역장비도 자동화와 고속화되어 하역 사이클 시간을 줄이려는 노력이 이루어지고 있다^{[1]-[4]}. 그러나 장비운영 요원의 능력에 따라 하역효율에 큰 차이를 보이고 있어서, 단위 시간당 높은 하역처리율 달성을, 다양한 작업상황별

대처능력과 안전작업능력 등을 갖춘 전문 운영인력 양성이 컨테이너 터미널에서 필수적이며 고급 운영인력의 확충을 위한 교육프로그램의 확보는 중요한 문제로 대두되고 있다.

터미널의 생산성은 여러 요인에 의해 결정되지만 컨테이너 크레인의 시간당 처리능력이 가장 중요한 요소이다. 컨테이너 크레인의 처리능력에서 가장 중요한 요소 중에 하나가 숙달된 고급 운영

* 한국해양대학교 선박전자기계공학부

** 한국해양대학교 대학원

전문요원이다. 이러한 고급 운영 요원을 양성하기 위해서는 여러 가지 특수한 작업상황을 설정하고 그에 맞는 효율적인 작업방법의 숙달과 장비운영의 반복훈련이 중요하다. 항만에 설치된 장비를 이용한 교육훈련이 실제상황을 가장 잘 반영한 교육효과를 얻을 수 있겠으나 공간, 기간, 경비문제 등 여러 가지 어려움이 따르고 있고 여러 환경하의 다른 작업방법으로의 훈련이 불가능하기 때문에 가상현실(Virtual Reality ; VR)을 적용한 시뮬레이터를 이용하는 것이 바람직한 방법이다^{[5]-[8]}.

가상 시뮬레이션 시스템을 이용한 컨테이너 크레인 교육은 운전 조작방법과 사용법, 각종 환경하에서의 작업실무에 대한 간접적 경험의 확보, 위험한 환경에서의 사고방지 연습 등의 내용을 짧은 기간 내 습득할 수 있게 해준다. 또한 선형별 동작을 설정한 후 운전준비, 전원투입 등 기본 운전 준비상황의 교육과 반복운전을 통해 운전기술의 숙달 및 운전중 발생될 수 있는 여러 가지 상황에 대처할 수 있는 능력을 향상시킬 수 있다.

따라서, 컨테이너 크레인 시뮬레이터가 개발된다면 기존 컨테이너 터미널의 생산성 향상과 안전사고율 저하, 부산 신항만에 투입될 장비 운영요원 양성, 국산화로 인한 수입대체 효과와 관련 시뮬레이터의 기술 저변확대 등의 기대효과가 있을 것이며, 실제적으로 시뮬레이터 훈련결과 25% 이상의 생산성 향상과 안전사고 방지에 큰 도움이 된다고 보고되고 있다.

본 연구는 “컨테이너 크레인 시뮬레이터 개발을 위한 환경설정에 관한 기초연구”의 후속 연구이다. 크레인 시뮬레이터 개발 및 운용에 필요한 교육훈련의 종류와 방법, 초기화면 설계, 시나리오 파일 구성과 관리, 날씨, 운영시간 등의 각종 환경 설정 방법에 대해서는 선행연구를 참고하기 바란다^[9].

본 연구에서는 컨테이너 크레인 시뮬레이터 개발에 필요한 크레인의 각종 속도설정, 각종 무게 설정, 바람과 흔들림에 관계하는 매개변수 설정, 전원 및 모터 고장 설정, 트위스트 록 및 플리퍼 고장 설정, 스프레더 램프 고장 설정, 디스플레이 및 보고서, 환경설정과 CMMS에 관한 내용, 유압 시스템 고장설정 등의 내용을 제시하고, 향후 컨-

테이너 크레인 시뮬레이터 개발을 위한 기초 자료로 활용하는데 그 목적이 있다.

2. 크레인 설정

이 메뉴는 크레인 운전속도, 정격하중, 틸팅(Tilting) 등의 크레인 자체의 특성을 변경해 줌으로써 여러 종류의 컨테이너 크레인 운전실습을 간접적으로 가능하게 하는 것이다. Fig. 1과 같이 크레인 설정부분에서 SPEED(속도), LIMIT(감속구간), WEIGHTS (정격하중), OTHERS(wind factor와 tilting 등)로 구분한다.

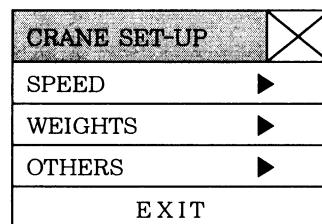


Fig. 1 Crane set-up

본 설정은 Scenario set-up 모드에서만 이러한 매개변수들을 바꿀 수 있고 시뮬레이션 모드에서는 바꿀 수 없다. 크레인의 크기는 16열의 컨테이너선을 기본으로 하며 Out-reach, Span, Back-reach, Hoist는 고정된 것으로 가정할 수 있으며 필요에 따라 일정 한도 내에서 변경할 수 있다.

• CRANE SPEED SET-UP

SPEED 설정은 크게 컨테이너 크레인의 주 동작인 주행, 횡행, 권상하의 속도와 감속구간의 속도 및 충돌시의 속도 등으로 구분하여 설정할 수 있어야 한다. 이러한 값은 Table 1과 같이 가능한 최소값과 최대값으로 제한된다.

- Gantry Speed : 주행방향(크레인 전체가 좌우로 움직이는 방향)의 최대속도를 설정
- Hoist Speed(Empty) : 권상, 권하 방향으로 컨테이너를 달지 않고 스프레더 만으로의 최대속도를 설정
- Hoist Speed(Full) : 권상, 권하 방향으로 크레

- 인의 정격하중을 달고 최대속도를 설정
- Trolley Speed : 횡행방향(스프레더가 바다 쪽 또는 육지 쪽으로 움직이는 방향)으로 정격하중을 달고 최대속도 설정
 - Top collision major damaged speed : 스프레더 윗부분의 충돌로 인한 대규모의 손상을 일으키는 충돌속도이다.
만약 본 메뉴의 설정을 생략한다면 기정값으로 자동 설정되어야 한다.

Table 1 Crane speed

구 분	Min. value	Max. value
Gantry Speed	3 m/min	90 m/min
Hoist Speed(Empty)	6 m/min	300 m/min
Hoist Speed(Full)	6 m/min	180 m/min
Trolley Speed	6 m/min	360 m/min
Hoist Limit Speed	6 m/min	120 m/min
Trolley Limit Speed	6 m/min	120 m/min
Binding in Hold Speed	0 m/min	300 m/min
Side Collision minor Damaged Speed	0 m/min	300 m/min
Side Collision major Damaged Speed	0 m/min	300 m/min
Top Collision minor Damaged Speed	0 m/min	300 m/min
Top Collision major Damaged Speed	0 m/min	300 m/min

다음은 컨테이너나 스프레더가 어떤 다른 물체나 크레인 부분에 충돌하였을 때의 속도를 설정하는 것이다. 이는 다음의 다섯 가지로 나눌 수 있다.

- Binding in hold speed : 스프레더가 본선의 홀드를 빠져 나올 때 본선의 기울어짐 등에 의해 컨테이너가 구속되어 있는 상태에서 계속 운전자가 빼내기를 시도할 경우 걸렸던 부분이 순간적으로 빠져 나오면서 스프레더가 튀어오르는 속도이다.
- Side collision minor damaged speed : 스프레더 옆부분의 충돌로 인한 소규모의 손상을 일으키는 충돌속도이다.
- Side collision major damaged speed : 스프레더 옆부분의 충돌로 인한 대규모의 손상을 일으키는 충돌속도이다.
- Top collision minor damaged speed : 스프레더 윗부분의 충돌로 인한 소규모의 손상을 일으키는 충돌속도이다.

- Top collision major damaged speed : 스프레더 윗부분의 충돌로 인한 대규모의 손상을 일으키는 충돌속도이다.
만약 본 메뉴의 설정을 생략한다면 기정값으로 자동 설정되어야 한다.

CRANE SPEED SET-UP	<input checked="" type="checkbox"/>
GANTRY SPEED :	<input type="text" value="45m/min"/>
HOIST SPEED (EMPTY) :	<input type="text" value="130m/min"/>
HOIST SPEED (FULL) :	<input type="text" value="60m/min"/>
TROLLEY SPEED :	<input type="text" value="180m/min"/>
HOIST LIMIT SPEED :	<input type="text" value="30m/min"/>
TROLLEY LIMIT SPEED :	<input type="text" value="40m/min"/>
BINDING IN HOLD SPEED :	<input type="text" value="300m/min"/>
SIDE COLLI. MINOR DAMAGED SPEED :	<input type="text" value="60m/min"/>
SIDE COLLI. MAJOR DAMAGED SPEED :	<input type="text" value="90m/min"/>
TOP COLLI. MINOR DAMAGED SPEED :	<input type="text" value="60m/min"/>
TOP COLLI. MAJOR DAMAGED SPEED :	<input type="text" value="90m/min"/>
OK	<input type="button" value="EXIT"/>

Fig. 2 Crane speed set-up

• CRANE WEIGHT SET-UP

무게 설정은 정격하중, 스프레더와 헤더블록의 하중, 최대인양 과부하 회전력을 설정할 수 있어야 한다.

Table 2 Crane weight

구 분	최소 값	최대 값
RATED LOADS	1 ton	155 ton
SPREADER AND HEAD BLOCK WEIGHT	0.5 ton	22 ton
TORQUE OVER LOAD % OF MAX. LIFT	10 %	150 %

크레인이 취급할 수 있는 정격하중과 스프레더의 흔들림, 제동거리, 모터 등의 선정 시 필요한 스프레더와 헤더블록의 중량 및 최대인양하중(총하중으로서 정격하중(컨테이너 중량) + 스프레더, Head Block 중량 + 와이어 로프 등의 중량)에 대한 모터의 과부하 회전력을 설정할 수 있어야 하며 Table 2와 같이 제한되어야 한다. Fig. 3에 나타난 수치들은 기정값이며 설정단위는 정수만 가능하고 소수점으로 입력하였을 때는 그 근사치의 정수값으로 자동 인식하도록 한다.

CRANE WEIGHT SET-UP	
RATED LOADS :	40 TON
SPREADER AND HEAD BLOCK WEIGHT :	14 TON
TORQUE OVER LOAD % OF MAX. LIFT :	120 %
OK	EXIT

Fig. 3 Crane weight set-up

• CRANE OTHERS SET-UP

이것은 바람과 흔들림에 관한 매개변수, 횡행 레일의 틈새간격, 최대 틸팅각도, Anti-snagging 작동의 여부, 레버의 제어방법을 설정하며 Table 3과 같이 제한된다.

Table 3 Minimum and maximum values of crane others set-up

구 분	min. values	max.values
Wind Factor	0	5
Swing Factor	0	150
Rail Gap	0 mm	300 mm
Trim	0 °	6 °
Skew	0 °	10 °
List	0 °	10 °
Anti-Snagging	NO	YES
Lever Control Response	Linear	Non-linear

Wind Factor란 풍압에 의한 크레인의 영향과 스프레더의 흔들림 계산 시 필요한 수학적 매개

변수 의미하며 이는 크레인 설계자의 계산방법에 따라 달라질 수 있다.

Swing Factor란 스프레더의 흔들림 계산 시 필요한 수학적 매개변수로 설계자의 계산방법에 따라 달라질 수 있다.

Rail Gap이란 크레인의 봄 기복 시 헌지 부분에서 트롤리 레일이 끊어질 수밖에 없는데, 봄의 수평상태에서의 레일간격 차를 말한다. 이 간격 차가 크게 설정되어 있을 때는 횡행장치가 이 부분을 지나칠 때 소리와 함께 충격이 느껴져야 한다.

MAX. TILTING DEGREES란 스프레더 기울임(Tilting)의 최대각도를 의미한다. Tilting이란 본선이나 육상에 바로 놓여있지 않은 컨테이너를 바로 집기 위해서 스프레더를 세 가지 방향으로 기울이는 장치이다. 이러한 방향은 운전자를 기준으로 한 것이다.

CRANE OTHERS SET-UP		
WIND FACTOR :	2.00	
SWING FACTOR :	50.00	
RAIL GAP :	5.0 MM	
MAX. TILTING DEGREES :	(°)	
TRIM : <input type="text" value="±3"/>	SKEW : <input type="text" value="±6"/>	LIST : <input type="text" value="±6"/>
ANTI - SNAGGING : <input checked="checked" type="checkbox"/> OK		
LEVER CONTROL RESPONSE : <input type="checkbox"/> NON-LINEAR		
OK	EXIT	

Fig. 4 Crane others set-up

스프레더가 본선의 화물창 내에서나 육상의 어느 부분에서 올라오다가 갑자기 어떤 부분에 걸리면 순간적으로 권상 와이어 로프에 큰 장력이 걸리고 운전자가 이것을 모르고 계속 올리려고 하면 와이어 로프에 큰 손상을 주게 된다. 이런 문제점을 없애기 위해, 순간적으로 와이어에 큰 장력이 걸리면 로드셀(load cell)이 중량을 자동감지하고 그 결과를 틸팅유압에 작동시켜 장력이 걸리는 반대방향으로 틸팅 유압실린더를 밀어내도록써

순간적으로 충격을 완화하고 와이어로프를 보호하는 것이 ANTI-SNAGGING이다.

LEVER CONTROL RESPONSE란 운전레버를 밀고 당김으로써 운전속도가 변화하는데 이러한 레버의 위치와 운전속도 관계를 선형 또는 비선형으로 설정하는 것을 말한다. 즉, 선형이란 레버의 위치와 비례하여(1차 함수 비례) 운전속도가 달라지는 것을 말하고, 비선형이란 레버의 위치와 운전속도가 단순하게 1차적으로 비례하지 않고 레버의 각도가 커짐에 따라 운전속도가 급격하게 증가(보통 2차 함수 비례)하는 것을 말한다. 가령, 레버의 구간이 5단이고 최대운전속도가 100[m/min]라고 가정한다면 1단씩 레버의 각도가 변할 때마다 운전속도가 20[m/min]씩 증가한다면 이는 선형 방식이며, 1단일 때 5[m/min], 2단일 때 15[m/min], 3단일 때 30[m/min]의 경우와 같이 레버의 단이 올라갈 때마다 속도증가율이 다르다면 비선형 방식이다.

3. 고장 설정

이 메뉴는 크레인이 작동되고 있는 동안 일어날 수 있는 여러 가지 문제들을 일으켜 운전자가 어떻게 대처하는지를 볼 수 있도록 고장상태의 조건을 만드는데 사용된다.

FAULTS SET-UP	
SOURCE POWER (OFF)	▶
MAIN MOTOR (OFF)	▶
TWIST LOCK (OFF)	▶
FLIPPERS (OFF)	▶
SPREADER TELESCOPIC (OFF)	▶
SPREADER LAMP (OFF)	▶
BIND IN HOLD (OFF)	▶
HYDRAULIC SYSTEM (OFF)	▶
SYSTEM (OFF)	▶
TRIM	▶
CLEAR ALL FAULTS	▶
EXIT	

Fig. 5 Faults set-up

FAULTS SET-UP의 기정값은 모두 OFF로 되어 있으며 고장의 종류에 따라서 문제가 처음부터 나타나는 것이 있고 이동 사이클이 수회 또는 수십 회 이루어지고 난 다음 문제가 발생하는 것이다. 문제가 처음부터 나타나는 FAULT의 종류는 SPREADER TELESCOPIC, BIND IN HOLD, SYSTEM, RUSSIAN STOW이다. 어느 정도 이동 사이클이 이루어진 후 나타나는 고장의 종류는 SOURCE POWER, MAIN MOTOR, TWIST LOCK, FLIPPERS, SPREADER LAMP, HYDRAULIC SYSTEM이다. 이는 부메뉴에서 AFTER CYCLE의 설정으로 해결할 수 있다. AFTER CYCLE을 "0"으로 설정하면 처음부터 고장이 나타나는 결과가 된다.

• SOURCE POWER FAULT SET-UP

이것은 전력시설의 수리, 천재지변 등 여러 가지 사정으로 운전 중에 갑자기 단전되는 경우가 있다. 이 때 운전자는 단전되었다는 사실을 인지하고 운전실 내의 콘솔에서 비상발전기 쪽으로 스위치를 전환하고 취급하고 있던 공중에 매달린 컨테이너를 안전한 곳에 내려놓고 크레인을 계류시켜야 한다. 이러한 운전자의 대처능력을 키우기 위해 본 설정이 필요하다(Fig. 6).

SOURCE POWER FAULT SET-UP	
SOURCE POWER FAULT :	<input type="checkbox"/> OFF
AFTER CYCLE :	<input type="checkbox"/> 0
OK	EXIT

Fig. 6 Source power fault set-up

고장을 활성화시키기 위한 선택은 ON, OFF 및 AFTER의 상태조건들을 제공한다.

OFF가 비활성화된 상태, ON이 활성화된 상태, AFTER CYCLE은 현재는 고장이 비활성화된 상태이지만 AFTER CYCLE 부분에서 명시된 사이클 수만큼 움직인 이후에 활성화된다. 사이클이란 스프레더가 어느 지점에서 컨테이너를 집어 들어 올려서 어느 지점에 놓고 다시 원 지점에 돌아오

기까지의 움직임을 말하며 AFTER CYCLE의 범위는 0 - 50까지 주어지는 것이 바람직하다.

- MAIN MOTOR FAULT SET-UP

사용되는 모터의 종류는 권상용, 횡행용, 주행용, 봄 기복용으로 크게 네 가지로 나눌 수 있지만 봄 기복용은 시뮬레이션에 별로 중요하지 않기 때문에 봄 기복용을 제외한 세 가지 모터의 고장에 대해서만 설정한다. 운전자가 운전하는 도중 어느 모터의 과열 또는 접촉자의 고장 등으로 모터가 작동되지 않게 될 경우 운전자의 비상조치 대처 능력을 향상시키기 위한 환경설정이다(Fig. 7).

MAIN MOTOR FAULT SET-UP	
HOIST MOTOR FAULT	: OFF
TROLLEY MOTOR FAULT	: OFF
GANTRY MOTOR FAULT	: OFF
AFTER CYCLE	: 0
OK	EXIT

Fig. 7 Main motor fault set-up

- TWIST LOCK FAULT SET-UP

이것은 트위스트 록이 정상 작동되지 않을 때 운전자의 대처능력을 향상시키기 위한 것이다. BYPASS CURES 부분이 YES로 설정되어 있고 트위스트 록의 콘(cone)이 컨테이너의 코너 구멍에 꽉 끼어 트위스트 록이 정상 작동되지 않을 때 운전자가 운전실내의 트위스트 록 바이패스 스위치를 누르고 트위스트 록의 LOCK나 UNLOCK을 하면 콘이 돌아가게 된다. 만약 BYPASS CURES 부분이 NO로 되어 있어 BYPASS 키를 사용할 수 없을 때에는 트위스트 록의 유압으로 해결할 수 없을 정도로 꽉 끼어 있거나 유압부분이 고장인 것을 의미하며 현장에서 정비사를 부르듯이 교관에게 연락 조치를 취해야 한다. 물론 FAULT가 ON으로 설정되어 있어야 이 문제는 활성화된다. 이하 모든 FAULT 부분에서 동일하다. 트위스트 록의 고장위치는 RIGHT, LEFT, ALL이 있으며

ALL은 양쪽 모두 고장임을 의미한다(Fig. 8).

TWIST LOCK FAULT SET-UP	
TWIST LOCK FAULT	: OFF
TWIST LOCK LOCATION	: RIGHT
BYPASS CURES	: YES
AFTER CYCLE	: 0
OK	EXIT

Fig. 8 Twist lock fault set-up

- FLIPPERS FAULT SET-UP

이것은 스프레더 유압의 플리퍼 부분이 고장이거나 압력이 약하거나 하는 이유 등으로 플리퍼가 작동되지 않을 경우에 운전자의 대처능력을 향상시키기 위한 것이다.

FLIPPERS FAULT SET-UP			
FLIPPERS FAULT	: OFF		
FLIPPER LOCATION :			
SEA, LEFT	: NO	SEA, RIGHT	: NO
LAND, LEFT	: NO	LAND, RIGHT	: NO
AFTER CYCLE	: 0		
OK	EXIT		

Fig. 9 Flippers fault set-up

FLIPPERS FAULT가 ON으로 되어 있으면 플리퍼가 고장을 일으킨다는 것이고 OFF로 되어 있으면 고장이 없다는 의미이다. 각각의 플리퍼 위치에 따라 YES나 NO로 설정하며 YES로 되어 있는 부분만 고장을 일으킨다. AFTER CYCLE의 경우는 TWIST LOCK 부분과 동일하다(Fig. 9).

- SPREADER TELESCOPIC FAULT SET-UP

이것은 유압시스템 등의 고장 원인으로 스프레더가 20 피트나 40피트로 변경되지 않거나, 20피트나 40피트 등으로 스프레더가 정확히 되어 있지

않고 그 중간 어디에 부정확하게 늘어나 있을 경우에 운전자의 대처능력을 향상시키기 위한 것이다(Fig. 10).

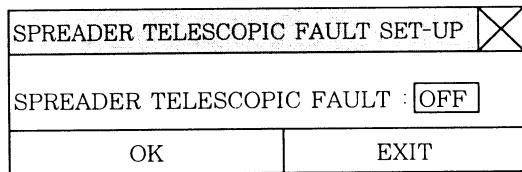


Fig. 10 Spreader telescopic fault set-up

이때 운전자는 스프레더 운전을 다시 시도하여 스프레더가 정확하게 위치되어 있는지 운전실의 상황램프를 보고, 유압상태 등을 확인해야 한다.

• SPREADER LAMP FAULT SET-UP

운전실 전면에 운전을 용이하게 하기 위해 스프레더와 관계되는 표시등이 있는데 이 표시등의 하나 또는 전체가 고장이 나서 운전이 어렵게 되는 경우가 있다. 이러한 경우 운전자는 운전실의 램프 테스트 버튼을 눌러서 표시등이 정상인지 확인하고 표시등에 이상이 없을 때는 리미트 스위치 등에 이상이 있다고 운전자는 판단해야 한다.

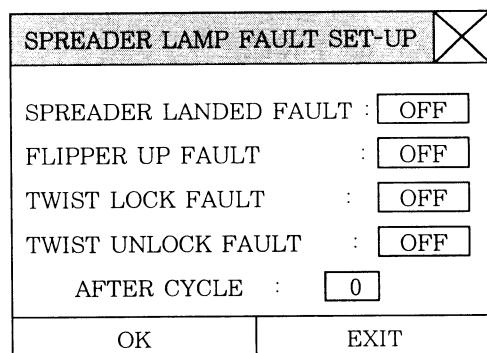


Fig. 11 Spreader lamp fault set-up

스프레더 표시등의 종류는 다음과 같으며 크레인에 따라 그 종류나 표시되는 색깔은 조금씩 다르다.

- SPREADER LANDED : 컨테이너를 집기 위해 스프레더에 있는 네 개의 콘이 컨테이너의 네 개의 코너 구멍에 완전히 들어간 경우로,

트위스트 록을 LOCK하기 직전에 성공적으로 스프레더가 컨테이너에 착상되었음을 알리는 표시등(보통 황색)이다.

- FLIPPER UP : 네 개의 플리퍼가 완전히 올라갔을 때 표시등이 ON(보통 노란색)
- TWIST LOCK : 네 개의 트위스트 록이 완전히 잠겼을 때 표시등이 ON(보통 적색)
- TWIST UNLOCK : 네 개의 트위스트 록이 완전히 풀렸을 때 표시등이 ON(보통 녹색)

• BIND IN HOLD FAULT SET-UP

이것은 운전자가 스프레더나 컨테이너를 홀드 내에서 너무 빠르게 권상시키려고 할 때나 본선이 기울어지거나 다른 물체가 홀드와 컨테이너 사이에 끼어 이런 문제가 발생한다.

운전자가 플리퍼를 아래로 내린 상태로 홀드에 스프레더를 집어 넣으려고 하거나 컨테이너를 홀드 밖에서 dual short로 들어올리려고 할 때 역시 이런 문제가 생긴다. 이는 운전자가 천천히 권상을 시도하든지 트림의 틸팅장치를 적절히 사용하여 빼내거나 dual short를 미리 운전자가 알아 대비하는 방법들이 있다(Fig. 12).

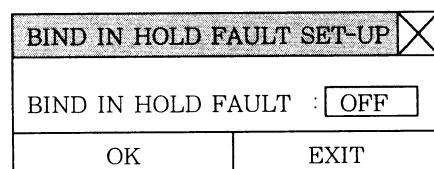


Fig. 12 Bind in hold fault set-up

• HYDRAULIC SYSTEM

이것은 레일 클램프, 횡행 로프 텐션너, 틸팅장치에 대한 유압시스템 고장이다(Fig. 13).

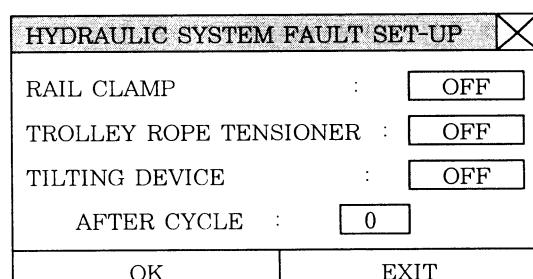


Fig. 13 Hydraulic system fault set-up

- RAIL CLAMP 유압시스템 고장은 레일 클램프의 유압에 이상이 있어 정상 작동되지 않을 경우 운전자가 주행시키려고 하면 주행이 원활히 이루어지지 않는다. 이 경우 운전자는 레일 클램프, 앵커, 타이다운, 레일 위의 장애물을 등을 확인해야 한다. 여기서는 레일 클램프 이외에 다른 부분은 정상이라고 가정하므로 레일 클램프가 이상이 있음을 확인하고 대처하게 된다.
- TROLLEY ROPE TENSIONER 유압시스템 고장은 유압에 이상이 생겨 트롤리 와이어 로프를 팽팽하게 긴장시켜 주지 못하는 경우이다. 트롤리 와이어 로프에 긴장을 주지 못할 경우 트롤리 운전이 부드럽지 않게 된다. 즉 구체적으로 말하면, 운전자가 트롤리용 레버를 전진 또는 후진으로 젖히게 되면 트롤리용 스프레더가 동시에 움직이게 되는 것이 정상이지만 와이어 로프가 느슨하면 와이어 로프가 와이어 드럼에 완전히 감기고 난 다음 트롤리가 움직이게 되어 운전자가 트롤리 운전을 제대로 하지 못하게 된다.
- TILTING DEVICE 유압시스템 고장은 틸팅용 유압에 이상이 생겨 틸팅 동작(Trim, Skew, List)을 제대로 하지 못하는 경우이다.

• SYSTEM FAULT SET-UP

이것은 제어계통의 이상, CPU의 오작동, PLC의 오작동, 접촉기, 브레이크 및 커플링 등 각종 기계 메커니즘의 고장이다. 이러한 경우 운전자의 레버나 스위치 작동과 관계없이 크레인이 이상한 작동을 한다든지, 어떤 특별한 이유 없이 작동하지 않는다면 반대로 작동된다든지 하는 현상이 일어난다. 이 경우 실제 운전자는 비상스위치 등을 눌러 크레인을 안전하게 정지시킨 후 CMMS(computer monitoring and management system)를 확인한다든지 정비사에게 연락하는 등의 조치를 취해야 한다(Fig. 14).

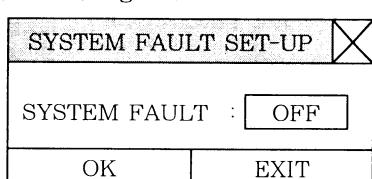


Fig. 14 System fault set-up

• TRIM FAULT SET-UP

RUSSIAN STOW 작동 모드와 비슷한 작업 방법에 해당한다. Russian stow는 육상에서 본선 홀드까지, 본선 홀드에서 육상까지 20피트 컨테이너를 양하 또는 적하할 때 본선 홀드가 40피트 홀드로 이루어진 경우만을 말한다.

그러나 여기에서의 TRIM FAULT는 단지 본선이 틸팅의 Trim + 방향(컨테이너의 오른쪽 기울어짐, 선수쪽이 낮아짐)으로 약 1[°]정도 기울어지며 운전자는 40피트나 20피트 컨테이너를 본선 홀드에 양하 또는 적하할 때 스프레더의 Trim을 이용하여 작업하여야 한다. 그렇지 않으면 BIND IN HOLD 현상이 일어나거나 권상모터에 과부하가 걸리거나 홀드에 스프레더나 컨테이너를 집어넣기가 힘들 것이다. 다만 본선의 갑판 위에서 작업하는 것은 예외가 된다. 물론 기정값은 OFF 이다.

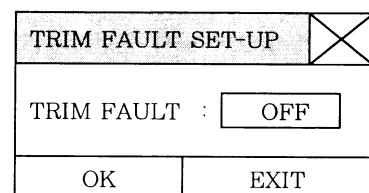


Fig. 15 Trim fault set-up

• CLEAR ALL FAULTS

위에 언급된 고장들을 하나 이상 ON으로 설정하였을 경우 모든 고장을 OFF 상태로 만드는 것이다.

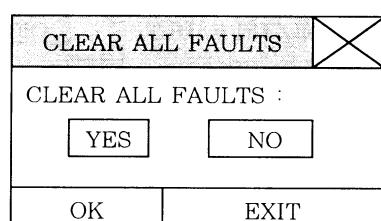


Fig. 16 Clear all faults

4. 디스플레이 및 보고서

이것은 현재 또는 저장된 스프레더의 이동경로를 화면상에 표시해 주거나, 특정 훈련생의 훈련

결과보고서 등을 나타내주는 데 사용된다.

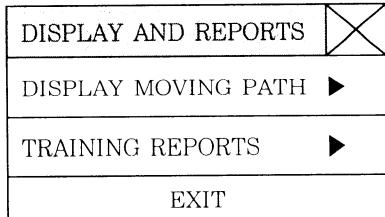


Fig. 17 Display and reports

• DISPLAY MOVING PATH

본 설정은 특정 훈련생이 수행하고 있거나 수행했던 스프레더의 이동경로를 저장하거나 다시 불러내어 화면상에 표시해 주기 위한 메뉴이다. 본 메뉴는 될 수 있는 한 초기화면의 제일 밑에 위치되어야 하고 본 메뉴가 나오면 상위 메뉴인 DISPLAY AND REPORTS 메뉴는 중간에 생략되는 것이 바람직하다. 왜냐하면 화면중간에 이동경로가 표시되어야 되기 때문에 메뉴가 화면을 가려서는 되지 않기 때문이다(Fig. 18).

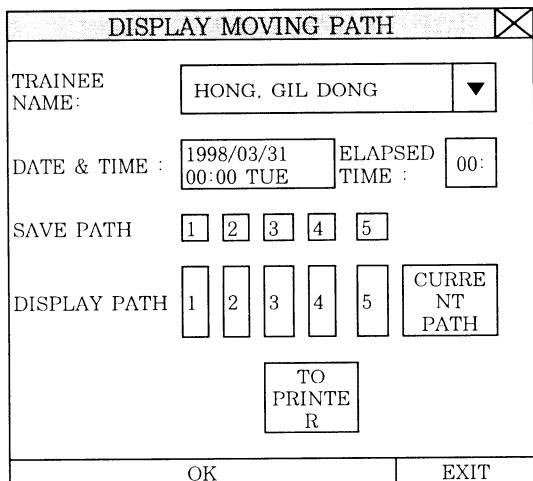


Fig. 18 Display moving path

- a) SIMULATION MODE : 시뮬레이터가 특정 운전자에 의해 RUN되고 있을 때
- TRAINEE NAME은 현재 시뮬레이터를 작동하고 있는 훈련생의 성명을 자동으로 나타내어 준다.

- DATE & TIME부분에서 날짜는 운전되고 있는 현재의 일자를 나타낼 것이고 시간은 TIME OF DAY 설정 메뉴에서 설정한 시간(실시간으로 설정되었다면 운전 현재의 시각, 운전시간으로 설정되었다면 초기 설정된 시간에서 운전 당시 경과된 시간을 합한 시간)으로 나타내며 계속 시간이 흐르는 것을 나타내 준다.

- ELAPSED TIME은 RUN 아이콘을 눌러 시뮬레이션 모드에서 운전한 총 작업시간을 의미하고 역시 시간이 계속 합산되어 나가는 것을 보여주며 PAUSE를 누른 사이 기간은 제외된다.

- SAVE PATH는 현재 이동되고 있는 경로를 저장하는데 사용되며 한 운전자마다 5개까지 저장이 가능하여야 한다. 교관이 어느 순간에 1-5 중 하나를 눌렀다면 바로 이전에 끝났던 이동경로를 그 해당번호에 저장해야 한다. 만약 같은 번호에 계속 저장하였다면 최근에 누른 이동경로만 저장한다. 실질적으로 교관은 아래의 CURRENT PATH를 눌러 현재 이동되고 있는 경로를 보고 있다가 특정 번호에 저장할 수 있어야 한다.

- DISPLAY PATH는 5개의 저장된 이동경로를 다시 보고자 할 때 사용된다. 이는 보통 운전을 마치고 훈련생과 함께 교관에 의해 설명이 덧붙여질 것이다. 이동경로의 선은 스프레더와 컨테이너의 접촉면 연장선상에서 중심 부분의 이동경로이다.

- CURRENT PATH는 현재 운전중인 이동경로를 실시간으로 보고 싶을 때 사용하는 메뉴이다. 교관은 이동되는 경로를 보면서 잘못된 이동경로 등을 저장하게 될 것이다.

b) SCENARIO SET-UP MODE : 시뮬레이터가 정지 또는 일시정지일 때

- TRAINEE NAME은 최근에 끝난 훈련생의 성명을 나타내고 있을 것이다. 이전의 훈련생들의 목록을 선택하여 설정할 수 있어야 하며 어느 특정한 훈련생을 선택하였다면 그 아래 나오는 시간 등을 자동적으로 변경되어야 한다.
- DATE & TIME부분에서 날짜는 그 훈련생의 최종 운전일자를 나타낼 것이고 시간은 TIME

OF DAY 설정 메뉴에서 설정한 최종시간(실시간으로 설정되었다면 운전 현재의 시각, 운전시간으로 설정되었다면 초기 설정된 시간에서 운전 당시 경과된 시간을 합한 시간)을 나타낸다.

- ELAPSED TIME은 RUN 아이콘을 눌러 시뮬레이션 모드에서 운전한 총 작업시간을 의미하며 PAUSE를 누른 사이 기간은 제외된다.
- DISPLAY PATH는 5개의 저장된 이동경로를 다시 보고자 할 때 사용된다. 교관에 의해 훈련생에게 운전설명을 할 때 필요하다.
- TO PRINTER는 이동된 경로를 프린터에 보내 인쇄하고자 할 때 사용되는 메뉴이다.

DISPLAY PATH 부분에서 불러낸 이동경로를 프린트할 때 사용된다.

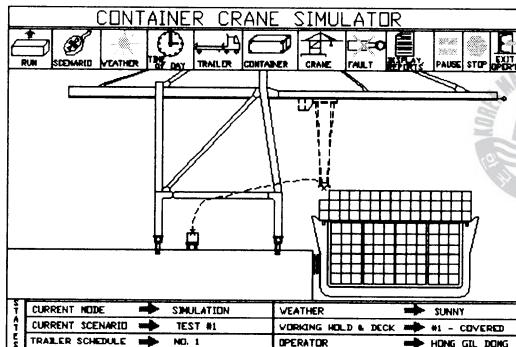


Fig. 19 Moving path display

• TRAINING REPORTS

본 설정은 훈련결과를 보거나 통계를 내는데 사용된다. 개별적인 운전자의 운전 수행성과를 평가하거나 각 작업반의 통계를 내어 생산성을 측정하는데 유용한 정보를 제공한다(Fig. 20).

a) INDIVIDUAL TRAINEE

- TRAINEE NAME은 명단을 선택할 수 있어야 하고 이름을 바꾸었을 때 아래의 수치는 달라지게 된다.
- TOTAL ELAPSED TIME은 어느 특정 운전자 의 총 작업시간을 의미한다.
- TOTAL CONTAINER MOVED는 특정 운전자 가 처리한 총 컨테이너 수를 말하며 BOX는 단순하게 개수를 의미하고 TEU는 20피트 개수로 환산된 것이다.

TRAINING REPORTS	
TRAINEE NAME :	HONG, GIL DONG
TOTAL ELAPSED TIME :	<input type="text" value="0"/>
TOTAL CONTAINER MOVED :	<input type="text" value="0"/> BOX <input type="text" value="0"/> TEU
AVG. CONTAINER MOVED PER HOUR :	<input type="text" value="0.0"/> BOX <input type="text" value="0.0"/> TEU
NO. OF MINOR COLLISIONS :	<input type="text" value="0"/>
NO. OF MAJOR COLLISIONS :	<input type="text" value="0"/>
<input type="button" value="PRINT"/> <input type="button" value="RESET"/> <input type="button" value="DELETE"/>	
ALL TRAINEE REPORTS :	<input type="button" value="DISPLAY"/> <input type="button" value="PRINT"/>
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="EXIT"/>	

Fig. 20 Training report

- AVG. CONTAINER MOVED PER HOUR는 총 처리된 컨테이너를 총 작업시간으로 나눈 값으로 시간당 처리 개수를 의미한다. 역시 여기서도 BOX, TEU 단위로 나타낸다.
- NO. OF MINOR COLLISIONS는 총 작업시간 동안 소규모의 충돌 회수를 나타내며 그 종류는 다음과 같은 것들이 있다.
 - 스프레더의 콘이나 플리퍼 끝이 컨테이너 지붕과 접촉
 - 스프레더나 컨테이너가 본선의 셀 가이드나 트레일러의 슬롯 위 부분과 접촉
 - 스프레더나 컨테이너가 본선의 셀 가이드의 래일과 접촉
 - 스프레더나 컨테이너가 트레일러의 바닥과 접촉
 - 스프레더나 컨테이너가 지면이나 갑판 위에 접촉 (컨테이너를 놓는 위치가 지면이나 데크 위가 아닐 때)
- NO. OF MAJOR COLLISIONS는 총 작업시간 동안 비교적 대규모의 충돌 회수를 나타낸다. MAJOR COLLISIONS의 종류는 다음과 같은 것들이 있다.
 - 스프레더나 컨테이너가 다른 컨테이너의 옆과 접촉
 - 스프레더나 컨테이너가 본선의 옆부분이나 본선의 다른 물건과 접촉
 - 스프레더나 컨테이너가 트레일러의 옆부분, 운

전실 부분 또는 뒷부분과 접촉

- 스프레더나 컨테이너가 육상의 다른 물체와 접촉
- 스프레더나 컨테이너가 크레인의 실 빔(sill beam) 등 다른 부분과 접촉
- PRINT는 어떤 특정의 훈련생을 선택하고 본 아이콘을 누르면 해당 훈련생에 대한 훈련결과를 프린트해 준다. PRINT를 실시하게 되면 다음과 같은 양식으로 인쇄된다(Fig. 21).

DATE : 1999. 00. 00(MON)

TRAINEE NAME		
TOTAL ELAPSED TIME		
TOTAL CONTAINER MOVED	BOXES	
	TEU	
AVERAGE CONTAINER MOVED/HOUR	BOXES	
	TEU	
NO. of MINOR COLLISIONS		1945 해양 대학교
NO. of MAJOR COLLISIONS		
WORKING CONDITIONS	SCENARIO NAME	
	TIME of DAY	
	WEATHER	
	FAULTS	
Instructor's COMMENTS		

Fig. 21 Individual trainee report

- RESET는 어떤 특정의 훈련생을 선택하고 본 아이콘을 누르면 수치로 나타난 훈련결과를 전부 CLEAR 시켜 0으로 설정한다.
- DELETE는 어떤 특정의 훈련생을 선택하고 본 아이콘을 누르면 해당 훈련생의 성명은 물론 훈련결과까지 삭제하게 된다.

b) ALL TRAINEE

ALL TRAINEE REPORTS는 운전을 실시했던 모든 훈련생에 대한 훈련결과를 보여주는 역할을 한다.

- DISPLAY는 모든 훈련생의 훈련결과를 모니터

상에서 나타내준다.

- PRINT는 모든 훈련생의 훈련결과를 프린트해 준다.

DISPLAY나 PRINT의 결과는 Fig. 22와 같이 나타내주어 훈련결과와 생산성 예측 등에 매우 유익한 정보가 될 것이다.

TRAINING REPORTS for ALL TRAINEE											
DATE : 1999. 00. 00(MON)											
NO	NAME	ELAPSED TIME	CON MOVED		AVG CON MOVED/H		NO of MIN COLL	NO of MAJ COLL	WORKING CONDITIONS		
			BOX	TEU	BOX	TEU			SCENARIO NAME	TIME of DAY	WHEAT HER FAULTS
1											
2											
3											
4											
5											

Fig. 22 All trainee reports

5. 시뮬레이터 정지

PAUSE는 Simulation mode 동안 교관이 작업 환경 설정을 바꾸거나 또는 시뮬레이터 등에 약간의 이상이 생겨 잠깐 시뮬레이션의 작동을 멈추기 위해 사용하는 아이콘이다. 다시 PAUSE를 누르면 시뮬레이션은 다시 작동되고 이 기간 동안의 시간은 ELAPSED TIME에서 제외되며 PAUSE 기간 동안에 설정을 변경한 부분이 작동된다.

STOP은 시뮬레이션의 작동을 멈추기 위해 사용되는 아이콘이며 어느 특정 훈련생의 실습운전을 완전히 마쳤을 때 사용한다.

EXIT는 시뮬레이터의 작동을 완전히 끝마치고 시뮬레이터의 작동을 멈출 때 사용되는 것이다.

6. 환경설정의 기정값과 CMMS

6.1 설정의 기정값

시뮬레이터를 작동하기 위해서 작업상황과 환경을 고려하여 여러 조건들을 교관이 설정을 하게 되는데 기정값으로 지정할 필요가 있다. 교관은 전반적으로 설정값을 기정값으로 지정하고 특정

의 값만을 변경해 줌으로써 쉽고 빠르게 환경을 설정할 수 있어야 한다. 교관이 기정값으로 지정하는 방법은 구체적인 부메뉴에 들어가 기정값 설정 부분을 선택하거나, 어떤 부분을 처음부터 설정하지 않거나, 부가된 문제나 조건들을 해제시키면 시스템은 기정값으로 자동 설정된다.

시뮬레이터 운전에서의 기정값은 각 메뉴별로 다음과 같도록 한다.

a) RUN: Trainee's name-UNKNOWN1, 2, □

b) SCENARIO MENU:

OPEN - 마지막 사용한 시나리오

CREATE - NONAME1, 2, □

SET-UP DEFAULT SCENARIO

c) WEATHER SET-UP:

SUNNY, RANDOM CLOUDY SHADOW-NO
CLOUDY, RAINY, SNOWY, FOGGY-설정을 YES로 하고 값을 설정하지 않을 경우 "0"으로 설정. WIND - NO, GUST - NO

d) TIME OF DAY SET-UP: REAL CURRENT TIME

e) CRANE SET-UP: 속도설정, 무게설정, 기타설정

f) FAULT SET-UP: Source Power, Main Motor, Twist Lock, Flippers, Spreader Telescopic, Spreader Lamp, Bind in Hold, Hydraulic System, System, Trim 모두 OFF

g) DISPLAY AND REPORTS: DISPLAY MOVING PATH - CURRENT PATH

6.2 시뮬레이터의 설정화면과 CMMS

CMMS(Crane monitoring and management system)이란 크레인 운전감시 및 관리 시스템을 말하며 크레인의 운전상황이나 고장상태를 실시간으로 감시하여 운전상태를 분석하거나 고장진단 및 유지보수 작업을 효율적으로 수행하는데 많은 도움이 되는 시스템이다. CMMS는 정보수집과 처리가 가능한 CPU와 크레인의 핵심 제어시스템인 PLC와 디지털 드라이브, 직렬통신을 하기 위한 통신장비, 운전실 및 기계실의 모니터로 구성되어 있다.

CMMS의 기능은 실시간 운전정보 수집, 고장

또는 시스템 이상의 정보처리, 운전 자료의 수집과 보고서 출력, 주요 부품의 사용빈도와 사용시간 기록, 고장경보의 발생과 유지보수에 필요한 제어회로 등의 설계도면 제공과 정비방법 및 특기사항의 저장 등이다.

CMMS와 시뮬레이터의 운전 초기화면에는 운전 통계 메뉴 등 일부분에서 유사한 점을 가지고 있지만, 그 사용처가 다르기 때문에 문제를 일으키지 않는다. 다만 중복되는 내용은 CMMS 화면상이나 시뮬레이터의 화면상에서 똑같아야 한다. CMMS는 실제 현장의 컨테이너 크레인 운전자나 정비사에 의해 운영되는 시스템인 반면에 시뮬레이터의 운전 초기화면은 주로 교관에 의해 운영되는 것이다.

시뮬레이터가 현장과 똑같은 느낌을 주기 위해서는 교관이 시뮬레이터에 여러 문제들을 부여한다. 시뮬레이터 운전자는 고장이나 시스템 이상현상을 CMMS를 통하여 알아내고 이를 교관에게 알림과 동시에 고장처리 등을 해결함으로써 운전의 효과를 극대화할 것이다.

시뮬레이터에 CMMS의 서비스를 갖추기 위해서는 위에서 언급된 컴퓨터, 통신장비, 운전실과 교관 콘솔 상에 모니터 등이 갖추어져야 한다. 교관을 위한 콘솔에는 두 개의 모니터가 있어야 하며, 하나는 시뮬레이터의 시나리오 및 환경설정과 동적으로 컨테이너의 이동경로를 볼 수 있는 모니터이고, 다른 하나는 CMMS의 화면과 운전실 내부를 볼 수 있는 모니터이다. 그리고 한 모니터에서 두 가지 종류의 화면을 선택하여 볼 수 있어야 한다.

7. 결 론

컨테이너 터미널의 생산성은 여러 요인에 의해 결정되지만 컨테이너 크레인의 시간당 처리능력이 가장 중요한 요소이다. 컨테이너 크레인의 처리능력에서 가장 중요한 요소 중에 하나가 숙달된 고급 운영 전문요원이다. 이러한 고급 운영 요원을 양성하기 위해서는 여러 가지 특수한 작업상황을 설정하고 그에 맞는 효율적인 작업방법의 숙달과 장비운영의 반복훈련이 중요하다. 항만에 설치

된 장비를 이용한 교육훈련이 실제상황을 가장 잘 반영한 교육효과를 얻을 수 있겠으나 공간, 기간, 경비문제 등 여러 가지 어려움이 따르고 있고 여러 환경하의 다른 작업방법으로의 훈련이 불가능하기 때문에 가상현실을 이용한 시뮬레이터를 이용하는 것이 바람직한 방법이다.

본 연구는 “컨테이너 크레인 시뮬레이터 개발을 위한 환경설정에 관한 기초연구”의 후속 연구로서 하역 및 운반기계 분야의 시뮬레이터 개발이 가능하도록 하는데 그 목적이 있다. 따라서 본 연구에서는 컨테이너 크레인 시뮬레이터 개발에 필요한 크레인의 각종 속도설정, 각종 무게 설정, 바람과 흔들림에 관계하는 매개변수 설정, 전원 및 모터 고장 설정, 트위스트 롤 및 플리퍼 고장 설정, 스프레더 램프 고장 설정, 디스플레이 및 보고서, 환경설정과 CMMS에 관한 내용, 유압시스템 고장설정 등의 내용을 제시함으로써 향후 컨테이너 크레인 시뮬레이터 개발을 위한 기초 자료를 제공하였다.

앞으로의 과제는 본 연구를 기초로 소프트웨어와 하드웨어를 구축하여 시뮬레이터를 완성하는 것이며 국내의 급증하는 시뮬레이터 연구 분야에서 조그마한 도움이 되기를 기대한다.

참고문헌

- [1] S. Yasunobu, T. Hasegaw, "Evaluation of an Automatic Container Crane Operation System Based on Predictive Fuzzy Control", Control Theory and Advanced Technology, Vol. 2, No.3, pp. 419-432, 1986.
- [2] M. Nakatsuyama, et. al. "Automatic Operation of an Overhead Crane based on Fuzzy Algorithm with Matrix Representation", Joural of Japan Society for Fuzzy Theory and System, Vol. 6, No. 6, 1994.
- [3] 손정기, 최재준, 소명옥, 남택근, 권순재, “LQ 제어 기법을 이용한 컨테이너 크레인의 제어 기 설계”, 한국박용기관학회지, Vol. 26, No. 5, pp. 544-552, 2002.
- [4] O. Yamaguchi, "Anti-swing control of overhead crane", 材料また Process, Vol. 7, pp. 347, 1994.
- [5] Digitran Inc., "Crane Simulator", 1991
- [6] Digitran Inc., "Crane Simulator Operator's Manual", 1991.
- [7] Maritime Dynamics LTD., "MARDYN Crane Simulator Specification", 1994.
- [8] Maritime Dynamics LTD., "Crane Simulator Product Description", 1995.
- [9] 소명옥, “컨테이너 크레인 시뮬레이터 개발을 위한 환경설정에 관한 기초연구”, 해사산업연구소, Vol. 13, pp. 19-27, 2003.
- [10] 김덕윤 편역, “최신 실용 크레인 편람”, 대광서림, 1990.
- [11] 이수학 발행, “화물유통실무(운송물류편)”, (주)해운무역신문사, 1991.
- [12] 정석모, 황병규, “운반하역기계”, 동명사, 1990.
- [13] 최재준, “CONTAINER CRANE MECHANISM 개론”, 한국항만연수원, 1999.
- [14] 한진중공업주식회사, “감천항 40LT 컨테이너 크레인 운전 및 정비지침서” 1996.
- [15] 한국컨테이너부두공단, “Container Crane 운전 및 정비지침서”, 한국중공업주식회사, 1990.
- [16] 한국컨테이너부두공단, “부산항 4단계 컨테이너 크레인 운전 및 정비지침서”, 한국중공업주식회사, 1997.

