

# LonWorks네트워크를 이용한 야드 크레인 구동 전동기 위치제어

## Position Control of Motors for Yard Crane Drive Using LonWorks Network

全泰園\* · 崔明圭\*\* · 金東植\*\*\* · 金興根§ · 魯義哲¶

(Tae-Won Chun · Meong-Kyu Choi · Dong-Sik Kim · Heung-Gun Kim · Eui-Cheol Nho)

**Abstract** - This paper describes the position control method in yard crane drive system using Lonworks network, which is a leading industrial control network. The network is composed of host computer and three motor drive systems for both gantry and trolley position controls in a yard crane. The operating status of a yard crane drive system is monitored and also positions of both gantry and trolley are controlled with host computer through the network. The performance of proposed method is verified on experimental results with the simulator of yard crane, the size of which is about 1/10 with the real yard crane.

**Key Words** : Network, LonWorks, Yard Crane, Position Control

### 1. 서론

최근에 자동화 시스템에서는 컴퓨터를 이용하여 분산된 공정을 자동화하고 이들을 수직, 수평적으로 통합하여 전체 공정을 일관되게 관리함으로써 생산성을 향상시키고, 비용을 절감시키는 동시에 자동화 공정의 구축 및 유지관리에 유연성과 신뢰도를 극대화시키는 효과를 거두고 있다. 그리하여 모든 공정의 통합화를 추구하는 분산제어 및 자동화시스템에서는 네트워킹 기술이 가장 핵심이 되는 기술로 부각되고 있다.<sup>[1,2,3]</sup> 이 네트워킹 기술이 발달함에 따라 공정 제어 시스템이 거대화되고 있으며, 이 경우 상호 연관성을 가지는 여러 개의 액츄에이터를 동시에 제어할 필요성이 요구된다.

따라서 전동기 구동시스템도 기존의 1개의 전동기를 단독으로 제어하는 고립적인 구성에서 벗어나, 서로 연관성이 있는 전동기 구동시스템을 모두 네트워크로 연결하여 호스트 컴퓨터에서 총괄 제어하는 시스템을 구축하는 것이 많은 장점을 가지고 있다. 즉 네트워크로 여러 전동기를 종합적으로 제어함으로써 각 전동기의 운전 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 호스트 컴퓨터에서 각 전동기의 동작 상태를 모니터링 할 수 있으므로 고장진단을 신속히 이루어질 수 있

어, 신뢰성을 향상시키면서 유지 보수비용도 절감할 수 있다. 그런데 아직까지 네트워크를 통하여 전동기 구동 시스템을 제어 및 감시하는 방법에 대한 연구가 상당히 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 야드 크레인의 위치제어용으로 사용되는 3개의 전동기 구동 시스템을 LonWorks 네트워크로 연결하여 호스트 컴퓨터에서 이 전동기들의 운전 상태를 모니터링 하면서 총괄 제어하는 시스템을 구축한다. 또한 시뮬레이터용으로 제작한 야드 크레인으로 실험을 수행하여, 네트워크를 이용한 3개 전동기의 위치제어 특성을 보인다.

### 2. 네트워크 구성

야드 크레인은 부두의 컨테이너 야적장에서 컨테이너를 트레일러에 적재하거나, 트레일러의 컨테이너를 야적장으로 이동시키는 크레인이다. 그림 1은 야드 크레인의 위치제어를 위한 전동기 구동장치를 보인 것이다. 야드 크레인에는 각 bay로 이동시키는 좌우 1개씩의 갠츨리 (Gantry) 구동전동기와 크레인 위에서 row 방향으로 이동시키는 트롤리 (Trolley) 구동전동기 등 3개의 구동 전동기가 있으며, 크레인을 원하는 위치로 이동시키기 위하여 3개의 전동기 위치제어를 수행한다. 따라서 야드 크레인의 갠츨리 및 트롤리를 동시에 위치제어를 하여야 하며, 특히 갠츨리를 기준위치로 이동시키는 과정에서 갠츨리 구동용 좌우 2개 전동기를 계속 같은 위치로 제어하여야 한다. 야드 크레인의 트롤리 및 좌우 갠츨리의 정확한 위치 제어를 위하여 네트워크를 사용한다.

\* 正會員 : 蔚山大 電氣電子 및 自動化工學部 教授 · 工博

\*\* 正會員 : 蔚山大 電氣工學科 工博

\*\*\* 正會員 : 蔚山大 電氣工學科 博士課程 修了

§ 正會員 : 慶北大 電子電氣工學部 教授 · 工博

¶ 正會員 : 釜慶大 電氣制御計測工學部 助教授 · 工博

接受日字 : 2000年 9月 30日

最終完了 : 2001年 1月 6日

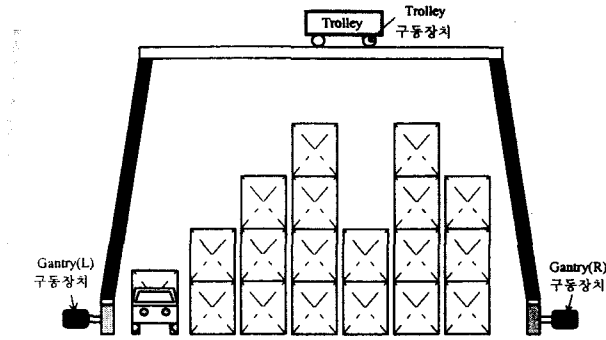


그림 1 야드 크레인의 구동장치  
Fig. 1 Yard crane drive system

갠추리 위치 제어용 2개의 구동전동기와 트롤리 위치 제어용 1개의 구동 전동기 등 3개의 전동기 구동 시스템에 호스트 컴퓨터를 네트워크로 연결하여 그림 2와 같이 4개의 노드를 가지는 네트워크를 구성한다.

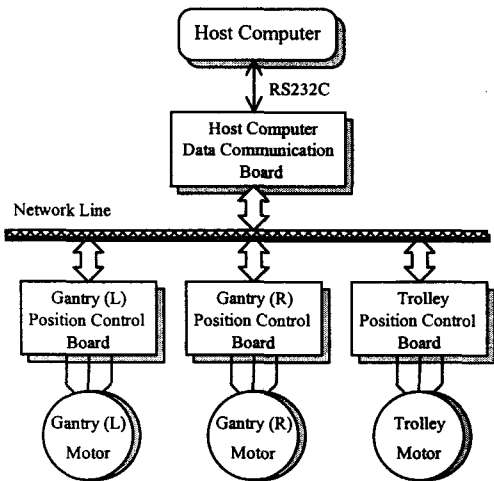


그림 2 네트워크 구성도  
Fig. 2 Network configuration

여러 제어용 네트워크 중 빌딩 자동화 시스템, 산업 자동화, 교통 및 철도차량 분야의 통신망으로 많이 사용되고 있는 Echelon사에서 개발한 LonWorks 네트워크를 사용하며, 이 LonWorks는 다음과 같이 3가지 요소로 구성된다.<sup>[45]</sup>

- 뉴런칩 (Neuron chip)
- 트랜스시버 (Transceiver)
- 통신 프로토콜 (Lontalk)

뉴런칩은 통신이나 제어를 효율적으로 수행하기 위하여 기능을 하드웨어화, 펌웨어화하여 VLSI에 탑재한 것이다. 이 뉴런칩은 통신뿐만 아니라 제어기능까지 포함되어 있으나 전동기 제어하기에는 기능이 부족하여 전동기 위치제어 용으로는 16비트 마이크로 제어기를 사용하고, 뉴런 칩은 순수 통신용으로만 사용한다. 이 뉴런칩은 모토롤라사의

MC143150을 사용하였다.

트랜스시버는 네트워크와 노드간의 기계적이고 전기적인 매체 인터페이스를 제공하는 것이다. 이 LonWorks에서 지원하는 트랜스시버는 전력선 트랜스시버, RF 트랜스시버, 쌍꼬임선 트랜스시버 (Twisted pair transceiver) 등이 있으며, 본 연구에서는 78 Kbps의 전송속도를 가진 Echelon사의 FTT-10A 쌍꼬임선 트랜스시버를 사용하였으며, 네트워크 매체는 쌍꼬임선 (Twisted pair line)을 사용하였다.

Lontalk 프로토콜은 반도체 칩에 내장된 펌웨어와 하드웨어를 사용하여 OSI 모델의 7개 계층을 모두 적용할 수 있는 통신 프로토콜이다.

### 3. 크레인의 위치제어 및 데이터 통신

#### 3-1. 크레인의 위치제어

야드 크레인에서 컨테이너를 원하는 위치로 이동시키기 위하여 좌측 및 우측 측 2개의 갠추리 위치제어 및 크레인 위에서 컨테이너를 이동시키기 위한 트롤리 위치제어가 필요하다. 따라서 갠추리 및 트롤리의 위치제어를 위하여, 먼저 갠추리 및 트롤리의 바퀴에 직결된 전동기의 엔코더 출력 펄스를 카운터에서 카운팅하여 이동 거리를 계산한다. 그런데 바퀴의 슬립 등에 인하여 엔코더 출력펄스를 카운팅한 값으로 계산된 위치 값에 오차가 발생되며, 이 오차는 시간이 지남에 따라 계속 누적된다는 심각한 문제점이 있다. 이 문제를 해결하기 위하여 그림 3과 같이 갠추리의 이동 경로에 좌우 5개씩 적외선 센서를, 트롤리의 이동 경로에는 4개의 적외선 센서를 각각 설치한다. 갠추리 또는 트롤리가 이 적외선센서를 통과할 때마다 인터럽트를 발생시켜 적외선 센서가 설치된 위치 값과 엔코더 출력펄스로 계산한 위치 값을 비교하여, 그 오차를 보상하는 방식을 사용하였다.

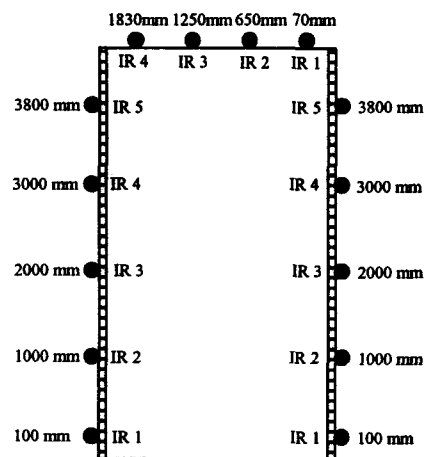


그림 3 시뮬레이터에서 적외선 다이오드의 위치  
Fig. 3 Position of infrared diodes in a simulator

#### 3-2. 통신 데이터 구조

네트워크로 갠추리와 트롤리의 위치제어를 위하여 호스트 컴퓨터와 각 노드간에 서로 통신하는 데이터는 그림 4와 같다. 호스트 컴퓨터에서는 갠추리 및 트롤리의 기준위치 값

과 3개 전동기 구동시스템에 정지/시작 제어 명령을 전송한다. 여기서 좌우 갠추리가 같은 위치로 제어되어야 하므로 갠추리의 기준 위치값은 2개의 갠추리 제어보드에 같이 전송된다. 한편 3개의 전동기 제어보드에서 측정된 실제 위치 값 및 각 전동기 동작상태 정보는 통신용 보드를 거쳐 RS232C 직렬통신으로 호스트 컴퓨터로 전송한다. 이 동작 상태 정보는 갠추리 또는 트롤리가 통과한 적외선 LED 번호, 시작/정지 상태, 정상/고장 상태, 실제위치가 기준위치에 도달하였는지/도달하는 과정인지 등이 포함되어 있다. 각 기준위치 및 실제위치 값은 2바이트, 제어명령 및 동작 상태 정보는 1바이트 크기의 데이터로 구성된다.

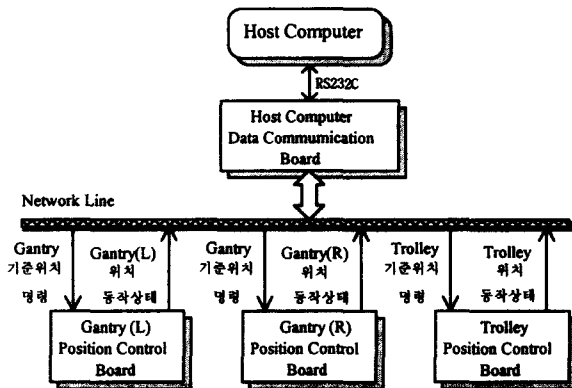


그림 4 각 노드별 통신 데이터  
Fig. 4 Communication data for each node

데이터 통신용 보드에서는 3개의 위치제어 보드로부터 네트워크를 통하여 전송받은 데이터를 RS232 직렬통신을 통하여 약 20msec마다 호스트 컴퓨터로 전송하며, 이 때 호스트 컴퓨터로 전송하는 데이터의 프로토콜은 그림 5와 같다. 2개의 갠추리 위치 값과 트롤리 위치 값 및 3개의 전동기 구동 시스템 동작 상태 정보를 차례로 전송하며, 시작 문자는 '#'로 마지막 문자는 'CR'이다. 여기서 3개의 위치 값은 2 바이트의 크기이므로 먼저 하위 바이트, 다음은 상위 바이트의 순서로 전송한다.

#	Gantry (L) 위치		Gantry (R) 위치		Trolley 위치		Gantry (L) status	Gantry (R) status	Trolley status	CR
	하위 byte	상위 byte	하위 byte	상위 byte	하위 byte	상위 byte				

그림 5 호스트컴퓨터에서 전송 받은 데이터 프로토콜  
Fig. 5 Protocol of receiving data at host computer

그림 6은 호스트 컴퓨터에서 통신용 보드를 통하여 네트워크로 각 전동기 제어보드로 전송하는 데이터 프로토콜이다. 각 전동기 구동 시스템의 시작/정지 제어명령, 갠추리 및 트롤리의 기준위치 값으로 구성되며, 시작 문자와 마지막 문자는 각각 '#'와 'CR' 으로 위의 프로토콜과 동일하다.

#	Command	Gantry 기준위치		Trolley 기준 위치		CR
		하위 byte	상위 byte	하위 byte	상위 byte	

그림 6 호스트컴퓨터에서 전송하는 데이터 프로토콜  
Fig. 6 Protocol of transmitting data at host computer

#### 4. 실험장치 및 실험결과

##### 4.1 야드 크레인의 시뮬레이터

네트워크로 야드 크레인 위치제어 시스템에 대한 실험을 수행하기 위하여, 실제 크레인 크기의 약 1/10 축소한 야드 크레인 시뮬레이터를 제작하여 사용하였다. 그림 7은 야드 크레인 시뮬레이터의 크기를 보인 것으로 갠추리 사이의 폭은 2.4 m, 높이가 약 2.1 m, 갠추리 아래 부분의 넓이가 1 m이다.

그림 8은 야드 크레인 시뮬레이터의 사진이다.

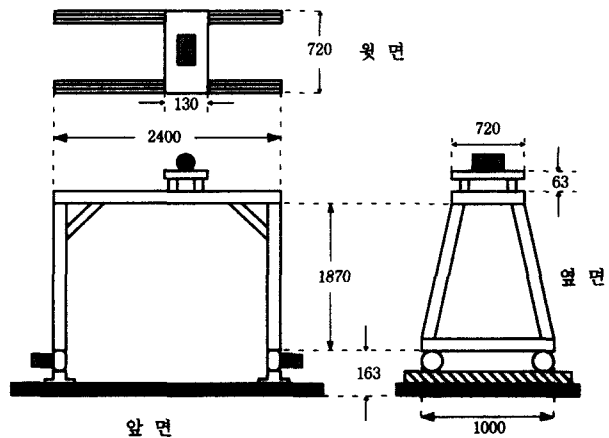


그림 7 야드 크레인의 시뮬레이터 사양  
Fig. 7 Specification of yard crane simulator

갠추리 이동방식은 RTG (Rubber Tire Gantry) 방식과 RMG (Rail Mounted Gantry) 방식이 있으며, 본 논문에서는 두 방식 중 레일 위에서 크레인이 이동하는 RMG 방식을 사용하였으며 레일 길이는 5 m이다. 갠추리 및 트롤리의 구동용으로 4상한 초퍼에 40W용량의 직류 서보전동기를 사용하였으며, 여기에 고 토크 저 속도의 특성을 내기 위하여 90:1 기어박스를 사용하였다.

16비트 마이크로 제어기 80C196KC로 갠추리 및 트롤리의 절대위치 측정 및 위치제어를 수행하며, 뉴런칩은 통신용으로만 이용한다.

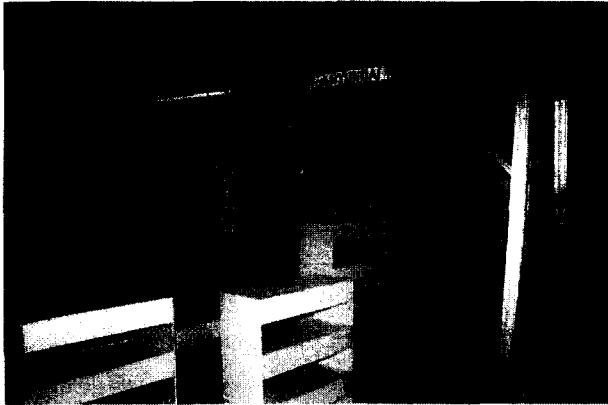


그림 8 야드 크레인 시뮬레이터 사진

Fig. 8 Photograph of yard crane simulator

겐추리 및 트롤리의 절대위치 측정 및 위치제어와 함께 네트워크 통신을 위한 제어보드의 구성도는 그림 9와 같다. 이 제어 보드는 반도체 전력회로, 마이크로 제어기 회로 및 뉴런칩 회로 등으로 구성된다. 전력회로는 4상한 초퍼와 4개의 스위칭 소자 구동회로 및 고정자 전류 측정과 과전류 감지를 위한 PCB용 hall-CT 등이 있다. 마이크로 제어기 회로에는 전자 전류 및 엔코더 펄스의 측정회로, 적외선 다이오드에서 입력된 신호를 검출하여 마이크로 제어기로 인터럽트를 발생시키는 회로, EPROM과 비휘발성 SRAM 등 기억소자, 주요 변수 값을 오실로스코프로 관측하기 위한 2개의 12비트 D/A 컨버터 및 4상한 초퍼의 구동신호를 발생시키는 EPLD 등이 있다. 뉴런칩 회로는 뉴런칩과 함께 네트워크 프로그램이 저장된 EEPROM과 쌍꼬임 트랜스시버 등으로 구성되며, 이 트랜스시버에 네트워크 전송매체인 쌍꼬임 선을 연결한다.

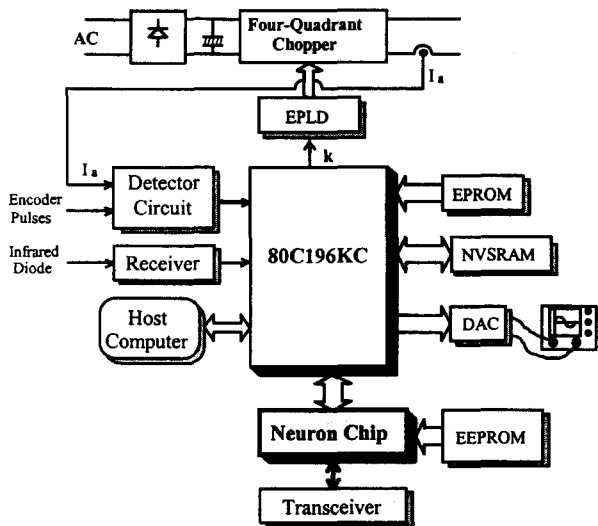


그림 9 제어 보드의 구성도

Fig. 9 Block diagram of control board

## 4.2 호스트 컴퓨터 프로그램

호스트 컴퓨터에서는 겐추리 및 트롤리의 제어보드로 부터 전송 받은 각 정보로 겐추리 및 트롤리의 위치 즉 크레인의 위치와 각 전동기 구동시스템의 동작상태를 나타내며, 또한 겐추리 및 트롤리 기준 위치 값 및 정지/시작 등 제어 명령을 하달한다.

그림 10은 크레인의 위치 (100 mm, 100 mm) (트롤리의 위치, 겐추리의 위치) 에서 (1000 mm, 2500 mm)로 이동하는 과정에서 호스트 컴퓨터 창을 보인 것이다. 호스트 컴퓨터 창은 Status 창, Load position 창, System status 창, 크레인의 위치 및 이동 경로 표시 창, Crane position 창으로 구성된다.

Status창은 각 구동시스템의 상태 즉 동작/정지, 정상/고장, 실제 위치가 기준위치에 도달 완료/도달 과정에 있는지와 겐추리 또는 트롤리가 통과한 적외선 LED 번호를 표시하고, 현재 겐추리와 트롤리의 위치를 [mm]단위로 나타낸다. Status 창에서 보면 2개 겐추리 및 트롤리 모두 동작상태이므로 'RUN', 3개 모두 기준 위치로 수렴 중에 있으므로 'Operate'로 표시되어 있으며, 또한 겐추리 및 트롤리 모두 2번 째 적외선 LED를 통과한 위치에 있으므로, LED 번호가 '2'로 표시되어 있다.

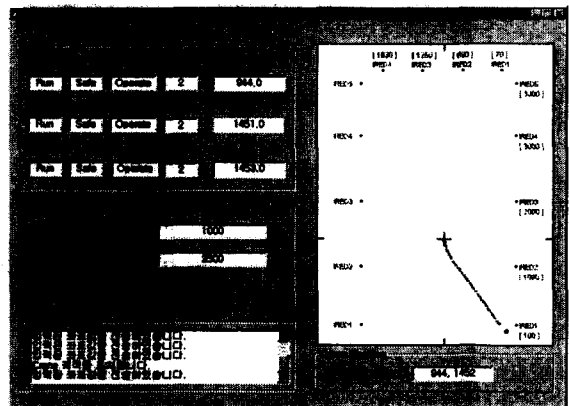


그림 10 호스트컴퓨터 창

Fig. 10 Window in a host computer

Load position창에서는 겐추리 및 트롤리의 기준 위치 값을 mm단위로 입력시키며, 이 창에서는 트롤리 및 겐추리의 기준위치가 각각 1000mm, 2500mm로 입력되었다. System status창은 입력된 명령을 순서대로 표시한 창이다.

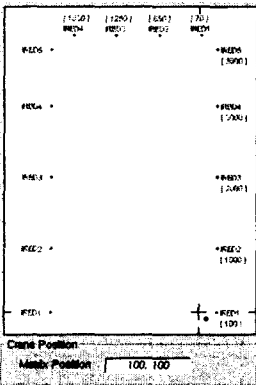
오른쪽 창은 크레인의 현재 위치 및 이동경로 등을 표시한 창으로, 가로방향은 트롤리 이동 방향이며, 세로방향은 겐추리 이동방향이다. 가로방향으로는 트롤리의 위치 보상을 위한 4개 적외선 LED가, 세로방향으로는 겐추리의 위치 보상을 위한 좌우 5개씩 적외선 LED가 설치되어 있으며, 여기에 각 적외선 LED가 설치된 위치와 일련 번호가 표시되어 있다. 십자표는 현재 크레인의 위치를 나타낸 것이고, 크레인이 이동한 경로도 표시할 수 있다. 오른쪽 아래에 있는 Crane position창은 현재 크레인의 위치를 [mm]단위로 표시한 창이며, 이동하는 과정에서 좌측 겐추리와 우측 겐추

리의 위치가 약간 차이가 있을 수 있으므로, 이 창에서의 크레인의 위치 값은 좌측 및 우측 갠추리 위치 값의 중간 값으로 나타낸다.

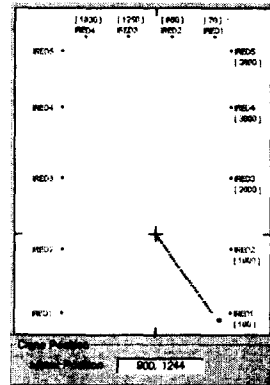
이 호스트 컴퓨터 프로그램은 visual C++로 작성하였다.

### 4.3 실험결과

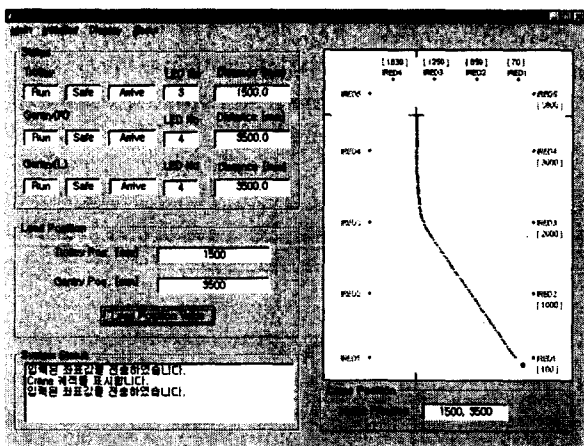
그림 11은 크레인이 (100, 100)위치에서 목표지점인 (1800, 3500)까지 이동할 때의 실험결과이다. 그림 11의 (a)는 크레인이 (100, 100) 위치에 정지하고 있을 때이며, (b)는 목표지점까지 이동하는 과정에서 보인 것이며, 그림 (c)는 목표지점 (1500, 3500)에 도달하였을 때이다. 크레인이 목표 위치에 도달하였을 때 Status창에 'Arrive'로 표시되며, 갠추리는 4번째 적외선 LED를 통과하였고, 트롤리는 3번째 적외선 LED를 통과하였음을 알 수 있다. 그림 12는 그림 11과 같은 상태에서 갠추리의 기준 위치 및 실제 위치와 트롤리의 기준 위치 및 실제 위치 값을 D/A컨버터를 통하여 오실로스코프로 관측한 파형으로써, 갠추리 및 트롤리의 위치제어 과도 응답특성을 보인 것이다.



(a) 크레인 정지상태



(b) 크레인의 이동과정



(c) 크레인이 목표지점 도달

그림 11 크레인이 (100, 100)에서 (1500, 3500)로 이동과정  
Fig. 11 Process to move crane from (100, 100) to (1500, 3500)

그림 11의 (c)와 그림 12의 결과를 보면 트롤리가 먼저 기준 위치에 도달한 후 갠추리가 기준 위치에 도달하였다.

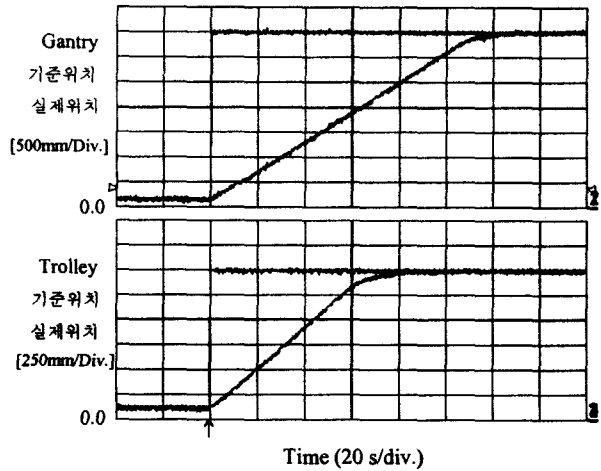
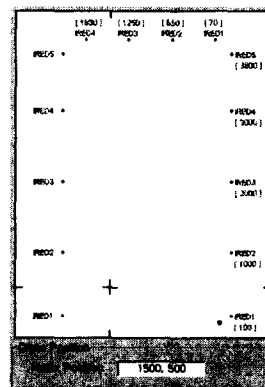


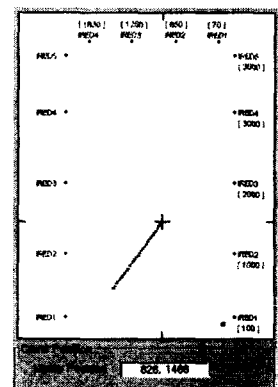
그림 12 갠추리 및 트롤리의 위치제어 특성 ((100, 100)에서 (1500, 3500)로 이동 시)

Fig. 12 Performance of position control for both gantry and trolley (When the crane moves from (100, 100) to (1500, 3500))

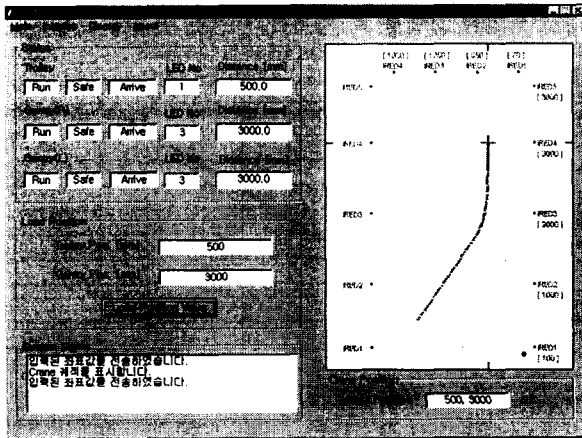
그림 13은 크레인이 (1500, 500)위치에서 목표지점인 (500, 3000)까지 이동할 때의 실험결과이다. 그림 13의 (a)는 크레인이 (1500, 500) 위치에 정지하고 있을 때이며, (b)는 목표지점까지 이동하는 과정에서 보인 것이며, 그림 (c)는 목표지점 (500, 3000)에 도달하였을 때이다. 그림 14는 그림 13과 같은 상태에서 D/A 컨버터로 출력된 갠추리의 기준 위치 및 실제 위치와 트롤리의 기준 위치와 실제 위치 값의 과도 응답특성을 보인 것이다.



(a) 크레인 정지상태



(b) 크레인의 이동과정



(c) 크레인이 목표지점 도달

그림 13 크레인이 (1500, 500)에서 (500, 3000)로 이동하는 과정

Fig. 13 Process to move crane from (1500, 500) to (500, 3000)

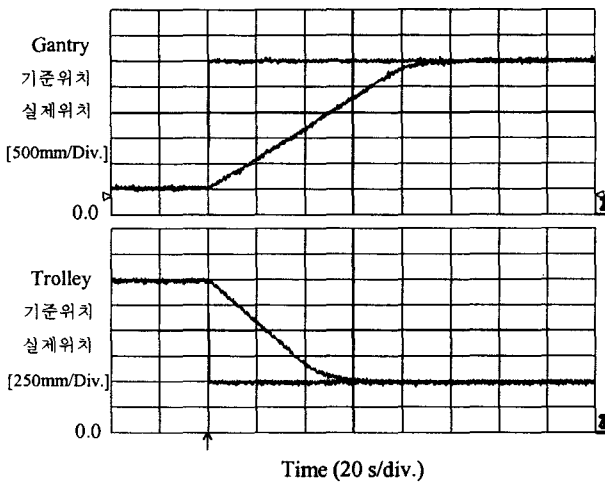


그림 14 갠추리 및 트롤리의 위치제어 특성 ((1500, 500)에서 (500, 3000)로 이동 시)

Fig. 14 Performance of position control for both gantry and trolley (When the crane moves from (1500, 500) to (500, 3000))

그림 15는 크레인을 (100, 100)에서 (1000, 2500) 위치로 이동한 후, 이 위치에서 다시 (1800, 1000) 위치로 제어하였을 때 호스트 컴퓨터의 창을 보인 것이며, 그림 16은 D/A 컨버터로 출력된 갠추리 기준 위치 및 실제 위치와 트롤리의 기준 위치 및 실제 위치 값의 과도 응답특성을 보인 것이다.

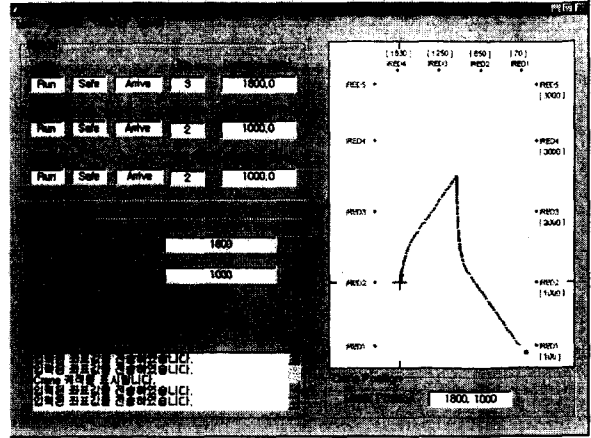


그림 15 크레인이 (100, 100)에서 (1000, 2500)로 제어한 후, 다시(1800, 1000)로 위치제어

Fig. 15 Process to move crane from (1500,500) to (500, 3000), and then from (500, 3000) to (1800, 1000)

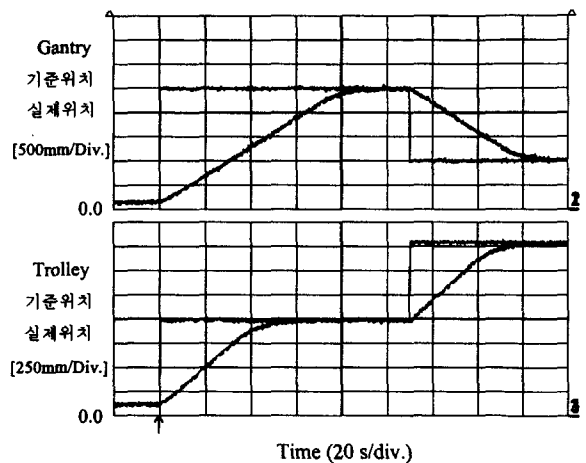


그림 16 갠추리 및 트롤리의 위치제어 특성 ((100, 100)에서 (1000, 2500)로, 다시 (1800, 1000)로 이동 시)

Fig. 16 Performance of position control for both gantry and trolley (When the crane moves from (1500, 500) to (500, 3000), and then from (500, 3000) to (1800, 1000) )

호스트 컴퓨터의 창과 D/A 컨버터로 관측한 실험결과를 보면, 2개의 갠추리 구동용 전동기와 1개의 트롤리 구동용 전동기 모두 기준 위치로 정확하게 위치제어가 됨을 알 수 있다.

### 5. 결론

LonWorks 네트워크를 사용하여 야드 크레인의 3개 구동용 전동기의 위치제어 시스템을 개발하였다. 호스트 컴퓨터에서 3개의 전동기 구동시스템 동작상태와 크레인의 현재위치 및 이동경로 등을 계속 모니터링 함으로써 고장 또는 오동작 등을 쉽게 찾을 수 있으므로 유지 보수가 신속하게 이루어질 수 있다. 또한 동일한 위치 및 속도로 제어하여야 하는 2개의 갠추리 구동용 전동기와 트롤리 구동용 전동기 모

두 우수한 위치제어 특성을 나타내었다. 향후, 전동기뿐만 아니라 전력변환기까지 포함한 전체 전동기 구동시스템을 원격으로 고장진단 및 제어하는 시스템을 개발하고자 한다.

**감사의 글**

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초 전력공학 공동연구소 주관으로 수행되었습니다.

**참 고 문 헌**

[1] I.A.Janet, W.J.Wiseman, R.D.Michelli, A.L.Walker,

S.M.Scoggins, "Using Control Networks for Distributed Robotic Systems", in Conf. Rec. on Robotics, Vol.2, pp.1138-1143, 1999.  
[2] R.A.Ziemerink, C.P.Bodenstein, "Utilizing a LonWorks Control Network for Factory Communication to Improve Overall Equipment Effectiveness", in Symposium on Industrial Electronics, Vol.2, pp684-689, 1998.  
[3] 박홍성, 권옥현, "산업용 네트워크와 그 응용", ICASE Magazine, 제2권, 제4호, July, 1996, pp.4-18.  
[4] Motorola, *LonWorks Technology Device Data, Rev.2*, 1996.  
[5] Echolen, *Neuron C Programmer's Guide*, 1996.

**저 자 소 개**



**전 태 원 (全 泰 園)**

1959년 1월 30일 생. 1981년 부산대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 울산대 전기전자 및 자동화공학부 교수

Tel : 052-259-2188, Fax : 052-259-1686  
E-mail : twchun@uou.ulsan.ac.kr



**김 홍 근 (金 興 根)**

1956년 4월 24일 생. 1980년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 경북대 전자전기공학부 교수.

Tel : 053-950-5605, Fax : 053-950-6600  
E-mail : kimhg@bh.knu.ac.kr



**최 명 규 (崔 明 圭)**

1970년 1월 16일 생. 1994년 울산대 전기공학과 졸업. 1996년 울산대 대학원 공학석사. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

Tel : 052-259-2586

E-mail : cmk116@chollian.net



**노 희 철 (盧 羲 哲)**

1960년 8월 2일 생. 1984년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 졸업(공학박사). 1997년~1998년 미국 Univ. of Wisconsin -Madison 방문교수. 1995년~현재 부경대학교 공대 전기제어계측공학부 조교수

Tel : 051-620-1439, Fax : 051-628-9510

E-mail : nhoec@dolphin.pknu.ac.kr



**김 동 식 (金 東 植)**

1970년 2월 18일 생. 1995년 광주대 전자공학과 졸업. 1998년 중앙대 정보산업대학원 산업학과 졸업(석사). 1995년~96년 LG이노텍(주) 연구소 근무. 1997~98년 대영 테트론(주) 선임연구원. 1999년~현재

울산대 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : 052-259-2586

E-mail : dngsikk@korea.com