

## 항만 자동화를 위한 야드 크레인의 절대위치 측정 기법

전태원\*, 김경만\*, 이홍희\*, 김홍근\*\*, 노의철\*\*\*

\*울산대학교 전기전자정보시스템공학부, \*\*경북대학교 전자전기공학부, \*\*\*부경대학교 전기공학과

### Method for Measuring Absolute Position of a Yard Crane for Port Automation

T.W. Chun\*, K.M. Kim\*, H.H. Lee\*, H.G. Kim\*\*, and E.C. Nho\*\*\*

Dept. of Electrical Eng., Univ. of Ulsan\*, Dept. of Electrical Eng., Univ. of Kyungbook\*\*,  
Dept. of Electrical Eng., Univ. of Pukyong\*\*\*

#### ABSTRACT

Since 1960s. container shipping volume has increased dramatically and continuous on a trend of rapid growth, and so the number of containers handled at the port increases. In order to improve yard crane operating efficiency, the precise position measurement of the yard crane is important. This paper describes the method to measure the absolute position of yard crane using the output pulse of an encoder and infrared sensors. The crane position is calculated by counting the output pulse of an incremental encoder, which is mounted on the wheel in the crane. By the way, the wheel slippage on rail may cause some errors in crane position information obtained from encoder pulses, and the errors in the crane position information are compensated with infrared sensors. 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 crane.

#### 1. 서 론

1960년도부터 화물의 해상수송으로 컨테이너를 사용하기 시작하여, 해마다 이 컨테이너에 의한 물동량이 급속히 증가되므로, 컨테이너 선박이 대형화되고 부두에서 처리하여야 할 컨테이너 양이 급격히 증가되고 있는 실정이다. 따라서 이 컨테이너의 선적 및 하역에 소요되는 시간 및 비용이 증

가되므로, 이 시간을 감소시켜 컨테이너 부두를 효율적으로 운용하여야 하는 문제점이 있다. 따라서 이 크레인의 운용 효율 및 성능을 향상시키기 위하여 크레인의 자동화에 대한 연구 또는 크레인의 무인화에 대한 연구가 국내·외에서 많이 진행되고 있다. 크레인의 자동화 또는 무인화를 성공적으로 수행하기 위하여 자동하역 시스템 (ALS, Automatic Landing System), 자동위치 확인 시스템 (APIS, Automatic Position Identification System), 자율 주행 로봇 (AVG, Automatically Guided Vehicles), 컨테이너 적재 프로파일 자동인식 시스템 (Container Stacking Profile Auto Scanning System) 등의 과제가 있다.<sup>[1,2,3]</sup> 이 과제 중 야드 크레인의 절대 위치를 측정하는 자동위치 확인 시스템이 부두의 효율적인 운영에 상당히 중요한 과제이며, 현재 크레인의 절대 위치를 측정하기 위하여 여러 방식을 사용하고 있다.

야드 크레인의 위치 측정 방식 중 먼저 RFID를 사용하는 방식의 장단점을 기술한다.<sup>[4,5]</sup> 이 RFID의 트랜스폰더는 각 고유 ID가 있고 따로 전원이 필요가 없는 수동형 소자이며, 설치 후 부두 배치의 변경이 용이하다는 장점들이 있어서 현재 많이 사용되고 있으나, 트랜스폰더의 전원 충전시간 및 ID전송시간 때문에 위치정보의 값의 통신이 많이 지연된다는 문제점이 있다. 레이저 센서를 사용하는 방식은 비교적 측정오차가 적으며 배치 변경이 쉽다는 장점이 있으나, 레이저 센서가 비, 안개 등 기후의 영향을 많이 받으며 상당히 고가이다. 리니어 엔코더 (linear encoder)를 사용하는 방식은 크레인의 이동위치에 여러 개의 센서를 직렬로 정해진 간격으로 설치하고, 크레인이 이동 시 현재 크레인의 절대위치 값을 직렬통신으로 전송하는 방법이다. 이 방식은 위치 측정의 오차가 상당히 적으며 습기, 안개, 먼지 등 기후의

영향을 받지 않는다는 장점이 있으나, RTG (Rubber Tire Gantry)에는 사용하지 못하고 정해진 레일 위에서만 이동이 가능한 RMG (Rail Mounted Gantry)에만 적용을 적용할 수 있으며 곡선 경로에서는 센서의 설치가 힘들다는 문제도 있다.

본 논문에서는 바퀴에 장착된 엔코더의 출력펄스와 적외선센서를 사용하여 크레인의 위치값을 측정하는 방식을 제시하였다. 엔코더 펄스를 카운팅하여 크레인의 이동 거리를 측정하는데, 바퀴의 슬립과 엔코더 펄스로 계산된 위치값의 오차에 인하여 크레인의 위치정보의 오차가 계속 누적된다는 문제가 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위하여 크레인의 갠추리 및 트롤리의 이동 경로에 일정 간격으로 적외선센서를 설치하여 이 오차를 보상한다. 실제 야드 크레인의 1/10 크기의 시뮬레이터를 제작하여 실험을 수행하였다.

## 2. 야드크레인의 절대위치 측정방식

기존의 야드 크레인 위치 측정 방식 중 RFID를 사용한 방식, 리니어 엔코더를 사용한 방식의 특성에 대하여 각각 기술한다.

### 2.1 RFID를 사용한 야드 크레인의 위치 측정 방식

그림 1은 크레인 중 갠추리 (gantry) 위치 측정을 위한 RFID (Radio Frequency IDentification)를 보인 것이다.

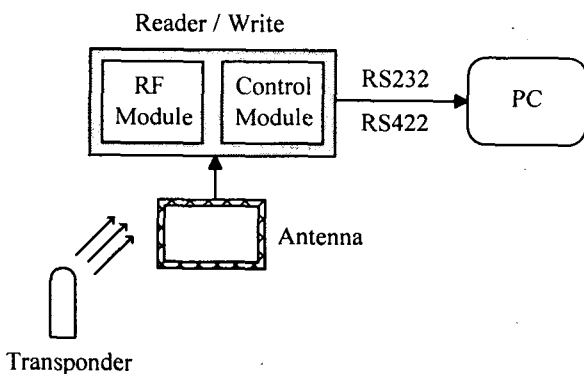


그림 1 RFID 구성도

Fig. 1 Structure of RFID

이 RFID는 리더(reader), 안테나, 태그라고 부르는 트랜스폰더 (transponder)로 구성되며 다음과 같은 장점이 있다.<sup>[4,5]</sup>

- 비접촉 센서
- 전원이 필요 없는 수동소자
- 방향성이 없음 (어떤 방향에서도 동작)
- 기후 조건에 영향을 받지 않음

트랜스폰더는 각자 고유의 ID를 가지고 있으며 전원

장치가 필요 없는 수동소자이며, 크레인의 주행경로 따라 지하에 매설하고, 안테나와 리더는 이동하는 크레인에 장착한다. 이 트랜스폰더와 리더사이의 데이터 전송 과정은 다음과 같다.

- ① 크레인이 트랜스폰더의 감지영역에 접근하면 크레인에 있는 리더가 안테나를 통하여 134.2 KHz 전력펄스를 약 50ms 동안 출력시킨다.
- ② 이 전력신호에 의해 발생된 전자장이 트랜스폰더로 입력되고, 트랜스폰더에서는 이 교류 에너지를 직류로 정류시켜 콘덴서에 저장함으로써 에너지를 축적시킨다.
- ③ 리더에 의해 발생하는 전력펄스의 전송이 끝나면, 트랜스폰더는 콘덴서에 저장된 전압을 전원으로 사용하여 128 bits의 고유 ID 값을 출력시킨다.
- ④ 이 ID값은 안테나를 통하여 리더로 입력되고, 리더에서는 해독(decoder) 한 후, 이 해독된 값을 RS232 직렬통신으로 PC 등으로 전송한다.
- ⑤ 트랜스폰더에서는 데이터 통신이 완료되면 콘덴서 전압이 모두 방전되어 다음의 준비단계가 된다.

이 방식은 트랜스폰더가 수동소자로 전원이 따로 필요 없으므로 옥외 즉 야드 상의 지하에 매설하기가 쉬우며, 또한 크레인의 이동경로가 변경될 시 트랜스폰더의 매설 위치만 변경하면 되므로 부두 배치의 변경이 상당히 용이하다. 그런데 크레인이 트랜스폰더의 감지 위치에 도달할 때부터 트랜스폰더 내 콘덴서 충전시간이 약 50ms, 트랜스폰더에서 ID값을 출력시킬 때 시간이 약 20ms, 트랜스폰더의 콘덴서 전압이 모두 방전되어 다음 리드 사이클의 대기할 때 까지 시간 약 20ms이다. 따라서 크레인이 트랜스폰더의 감지 위치에 도달할 때부터 다음 사이클 대기완료시간까지 약 90ms의 많은 시간이 소요된다는 문제점이 있다.

### 2.2 리니어 엔코더를 사용하는 방식

그림 2는 크레인의 갠추리 (gantry)의 위치 측정을 위한 리니어 엔코더 (linear encoder)의 그림을 보인 것이다. 리니어 엔코더는 센서와 엘리먼트 (element)로 구성된다. 이 엘리먼트는 내부에 3개의 영구자석이 일정간격으로 설치되어 있으며, 길이가 1815 mm부터 2435 mm까지 4가지 종류가 있다. 여기서 여러 개의 엘리먼트를 직렬로 정해진 간격으로 설치하면 최대 1.7km까지 측정이 가능하다. 센서부분은 여러 개의 Magnetoresistive 센서가 내장되어 있어 엘리먼트 위에 이동할 때 엘리먼트 내 최소한 3개 영구자속에서 나오는 자속을 동시에 측정하여 절대위치를 계산한다.

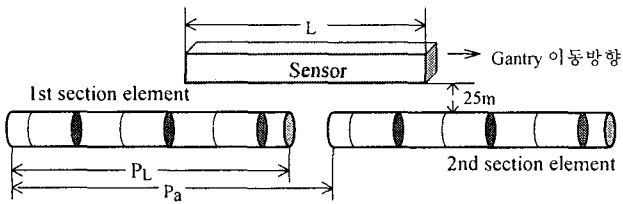


그림 2. 리니어 엔코더  
Fig. 2. Linear encoder

리니어 엔코더의 특징은 다음과 같다.

- 비접촉 센서
- 습기, 안개, 먼지 등에 대한 영향이 없음
- 높은 정밀도 (Resolution) : 1 mm 이내
- 높은 신뢰성
- 최대 측정거리 : 1.7 Km

본 연구에서는 측정거리가 최대 38 m이며 센서 길이가 886 mm에 2245 mm 길이의 2개 엘리먼트로 구성된 Stegman사의 리니어 엔코더를 사용하였다. 리니어 엔코더의 위치 정보는 0.1 mm의 정밀도로 통신속도가 9600 bps인 RS422 직렬통신으로 출력된다.

그림 3은 리니어 엔코더로 크레인의 갠추리 절대위치를 측정하기 위한 그림이다.

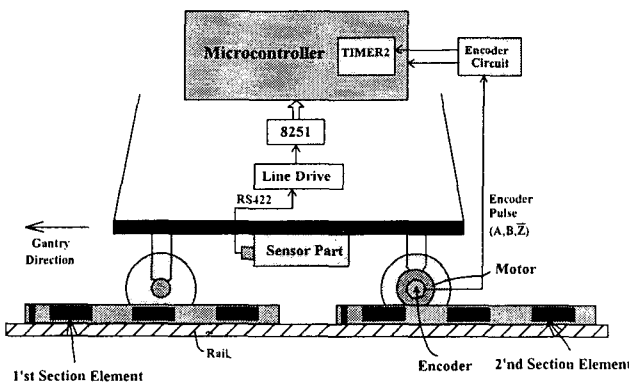


그림 3 리니어엔코더를 사용하여 갠추리의 절대위치를 측정하는 방식  
Fig. 3 Method for measuring the absolute position of a gantry using the linear encoder

그림 4는 크레인의 시뮬레이터에서 갠추리에 설치된 리니어 엔코더의 사진이다.

야드 크레인에서 갠추리가 두 가지 형태가 있다. 전후 직진 이동뿐만 아니라 회전도 가능한 RTG와 미리 정해진 레일 궤도 위에서 주행하는 RMG 등이 있다. 이 방식은 갠추리의 두 형태 중 RMG에만 적용이 가능하며, 트롤리 (trolley)는 크레인 위에 위치한 레일 궤도 위에서 이동하므로 트롤리의 위치 측정에는 사용할 수 없다.

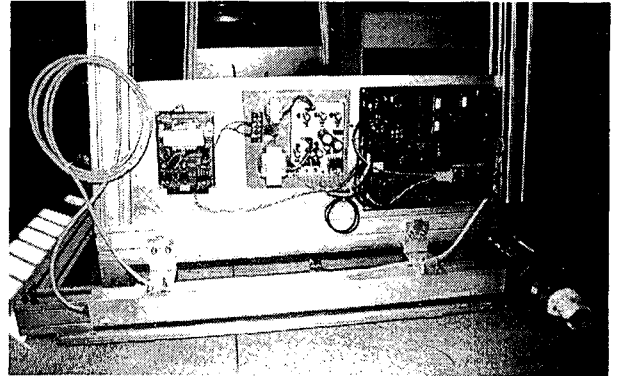


그림 4 리니어 엔코더 사진  
Fig. 4 Photo of linear encoder

### 3. 야드크레인의 절대위치 측정 방식

엔코더 펄스와 적외선센서를 사용하여 갠추리 및 트롤리의 절대위치 측정하기 위하여, 먼저 갠추리 바퀴에 직결된 전동기의 축에 엔코더를 연결하고, 이 엔코더 펄스를 카운팅하여 전동기의 위상 및 속도를 측정한다. 이 측정된 전동기의 위상 및 속도 정보로 갠추리 구동용 전동기의 위치 및 속도제어를 수행하며, 또한 갠추리의 위치를 계산한다. 그런데 이 엔코더 펄스 수에 의해 계산된 위치정보는 두 가지 문제점이 있다. 첫 번째는 엔코더 펄스에 의해 계산된 위치 값에 오차가 있으므로, 이 오차가 시간이 지날수록 계속 누적된다는 것이다. 두 번째 문제점은 갠추리의 상대위치만 알 수 있고 절대위치에 대한 정보는 얻을 수 없다는 것이다.

이 문제점을 해결하는 방법으로 엔코더 펄스와 적외선 센서를 사용하는 방식에 대하여 동작상태 및 특성은 설명한다.

#### 3.1 엔코더 펄스를 사용한 갠추리 위치 측정 방법

엔코더 펄스에 의해 계산된 위치값을 보정하면서 갠추리의 절대 위치 값을 측정하기 위하여 적외선 센서를 사용한다. 이 적외선 센서는 각 트랜스폰더마다 고유 ID 코드를 가지고 있는 RFID와 달리 각 적외선 센서마다 고유 ID 코드가 없으므로, RTG에는 적용할 수 없고 RMG에는 적용할 수 있다.

그림 5는 엔코더펄스와 적외선 센서를 사용한 갠추리 위치 측정방식을 그린 것이다. 갠추리의 4개 바퀴 중 양쪽 2개 바퀴에 구동용 전동기와 엔코더를 장착하고, 레일 밑에 일정한 간격으로 적외선 발광 다이오드를 설치한다. 여기서 사용된 적외선 센서는 검출거리가 500mm 이내이며, 응답 속도가 1msec 이하로 상당히 빠르다. 광원은 변조식 적외선 발광 다이오드 (Infrared Emitted Diode)이며, 적외선의 직진성을 높이기 위하여 Spectral Bandwidth  $\Delta\theta$ 를 5°이내의 적외선 발광 다이오

드를 사용한다. 555 타이머를 사용하여 약 4.5KHz의 전류 펄스를 각 다이오드에 인가한다.

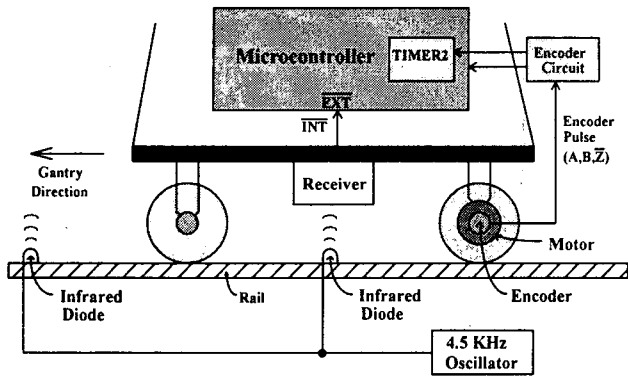


그림 5 엔코더 펄스와 적외선센서를 사용한 갠추리위치 측정방식

Fig. 5 Method for measuring absolute positions of gantry using encoder pulse and IR sensor

갠추리가 이동 시 엔코더 펄스를 카운팅하여, 이 값으로 갠추리의 이동 거리를 추정한다. 엔코더로 A, B, Z 등 3개의 펄스에 1회전 당 2048개의 펄스가 출력되는 Incremental 엔코더를 사용하며, 마이크로 제어기 내의 16비트 카운터인 TIMER2로 이 펄스를 카운팅한다. 이 TIMER2로 카운팅되는 엔코더 펄스 수로 갠추리 이동거리를 계산한다. 한편 갠추리 및 트롤리 구동용 전동기에는 전동기 속도를 감소시키고 발생 토크를 증가시키기 위하여 90:1의 기어를 사용하였으므로, 전동기 1회전당 펄스수에 기어비를 곱한 값은 바퀴 1회전당 펄스수가 된다.

### 3.2 적외선센서로 갠추리와 트롤리 위치오차 보정

엔코더 펄스를 카운팅하여 갠추리 위치를 계산하는 방식은 바퀴의 직경오차, 바퀴의 슬립, 거리를 계산하는 과정에서 오차 등에 의하여 갠추리의 위치계산에 반드시 오차가 있다. 이 오차들이 시간이 지남에 따라 계속 누적되어 위치 측정 오차가 계속 증가하게 된다. 이 문제점을 해결하기 위하여 갠추리가 이동하는 레일에 일정한 간격으로 적외선 다이오드를 설치한다. 갠추리가 이동 시 한 적외선 다이오드의 감지영역에 들어오면 리시버에서 펄스가 발생하여 마이크로제어기에 인터럽트를 발생시킨다. 이 인터럽트가 발생되면 현재 다이오드가 설치된 거리와 엔코더 펄스에 의해 계산된 거리를 비교하여 엔코더 펄스로 계산된 위치 값을 보상한다.

#### 3.2.1 적외선 다이오드의 고유번호 지정방법

시뮬레이터에서는 갠추리가 이동하는 양쪽 레일에 각각 5 개씩 총 10개 적외선 다이오드를 설치하였으며, 그림 6은 설치된 적외선 다이오드의 위치

및 고유번호를 표시한 것이다. 그런데 어떤 위치에 있는 다이오드에 의해 인터럽트가 발생되었는지를 판단하기 위하여 각 다이오드마다 설치된 순서로 번호를 부여한다. 즉 인터럽트가 발생할 때마다 갠추리의 이동방향을 체크하여, 전진방향일 경우에는 다이오드 번호를 하나씩 증가시키고 후진 방향일 경우에는 이 번호를 하나씩 감소시킴으로써 간접적으로 이 다이오드들의 고유 번호를 정할 수 있다.

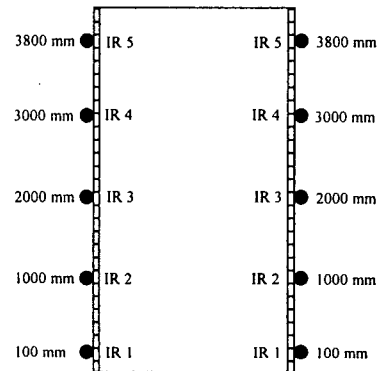


그림 6 갠추리의 적외선 다이오드 설치 위치 및 번호

Fig. 6 Installation position and number for each IR diode of gantry

#### 3.2.2 위치정보 오차보상기법

적외선센서의 리시버에서 발생하는 펄스로 마이크로제어기에 외부인터럽트를 발생시켜, 각 다이오드마다 설치된 거리를 32비트 엔코더 펄스 기준카운터 값으로 환산하여 테이블로 작성한다. 인터럽트가 발생하였을 때 적외선 다이오드의 번호를 체크하여, 이 번호에 해당하는 기준 카운터 값을 읽고 현재 갠추리 위치를 계산한 32비트 카운터 값과 비교하여 그 차로 보상 32비트 카운터를 계산한다. 이 보상 카운터 값으로 갠추리 위치를 보상한다.

#### 3.2.3 IR 인터럽트 오류 수정방법

적외선 다이오드의 설치 위치에서 크레인이 약간 진동할 경우 동일한 적외선 다이오드에서 2-3번씩 인터럽트가 걸릴 경우가 있다, 이 때 동일한 위치에서 다이오드의 번호가 하나 또는 두 개 더 증가되어, 증가된 다이오드의 기준 카운터 값으로 보상 카운터 값을 계산한다. 이렇게 잘못 계산된 보상카운터를 사용할 시 갠추리가 다른 위치로 이동하게 되는 심각한 문제가 발생된다. 이것을 방지하기 위하여 인터럽트가 발생하였을 때, 적외선 다이오드 번호 및 이 다이오드가 설치된 위치를 체크한 후, 갠추리의 현재 위치가 이 번호를 가진 적외선 다이오드가 설치된 거리에서 어떤 값 (본 논문에서 사용된 시뮬레이터에서는 ±30mm)이상 벗어

났을 경우에는 이 인터럽트가 잘못 발생한 인터럽트라고 판단하고 무시한다.

### 3.2.4 트롤리의 위치측정 및 보상방법

구동용 전동기 축에 연결한 엔코더 펄스와 적외선 센서를 사용하여 트롤리의 절대 위치를 측정하였으며, 트롤리의 절대 위치를 측정 방식 구성도는 그림 7과 같다. 트롤리는 한 개의 전동기와 양쪽 2개 바퀴에 연결된 축 사이에 타이밍 벨트로 연결하여, 한 전동기로 양쪽 2개의 바퀴를 구동한다. 레일 옆에 여러 간격으로 4개의 적외선 발광 다이오드를 설치하였다, 엔코더 및 적외선 센서를 사용하여 절대위치 측정방식은 갠추리의 절대위치 측정 방식과 거의 동일하다.

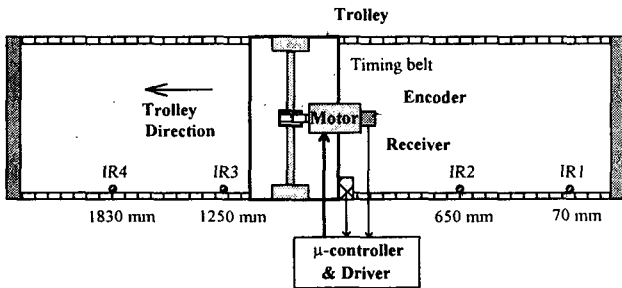


그림 7 트롤리 절대위치 측정방식  
Fig. 7 Method for measuring absolute positions of trolley

본 논문에서 제시한 방식은 정확한 위치측정, 빠른 위치측정, 기후에 민감하지 않으며, 설치비용이 저렴하다는 많은 장점이 있다. 그러나 적외선 다이오드에 전원이 필요하며, RTG형 갠추리의 위치측정에는 적용하기 힘들다는 문제점이 있다.

## 4. 실험결과

그림 8은 야드 크레인에서 갠추리 및 트롤리의 위치제어 및 측정을 위한 Lonworks 네트워크 구성도이다. 이 네트워크는 2개 갠추리의 위치 측정 및 위치제어용 노드, 트롤리의 위치 측정 및 위치제어용 노드, 리니어 엔코더용 노드, 높이를 측정하는 레이저 센서 및 디지털 컴퍼스용 노드 및 상위컴퓨터와 데이터 통신용 마이크로제어기 등 모두 6개의 노드로 구성되어 있다. 위치 제어 및 측정용으로 마이크로제어기로 Intel사의 16비트 마이크로 80C196KC를 사용하였다. 또한 네트워크용 칩으로는 모토롤라사의 MC143150 뉴런칩을 사용하였으며, 네트워크 매체는 쌍꼬인선을 사용하고, 네트워크 접속을 위하여 78 Kbps의 전송속도를 가진 Echelon사의 FTT-10A 트랜시버 (transceiver)를 사용하였다.<sup>[6,7]</sup>

야드 크레인의 시뮬레이터용으로 제작한 구조물은 실제 야드 크레인의 크기에 약 1/10 축소시켜서 제작하였

으며, 갠추리의 높이가 약 2m, 갠추리 폭이 2.4m, 밑면 넓이가 1m가 된다. 또한 갠추리를 레일 위에서 이동시키는 RMG 방식을 사용하였으며, 레일 길이는 5m이다.

그림 9와 10은 각 노드에서 네트워크로 전송된 데이터로 크레인의 동작상태 및 크레인의 위치 값 등 여러 정보를 표시한 호스트컴퓨터의 윈도우 화면으로, 윈도우 화면을 두 부분으로 분할하여 표시하였다. 먼저 그림(a)의 상태 창에는 갠추리 및 트롤리의 동작/정지, 정상/고장, 이동 중/도착완료 등 동작상태를 보인다. 또한 엔코더 펄스 및 IR 센서로 측정한 2개 갠추리 및 1개의 트롤리의 위치 값, 리니어 엔코더로 측정한 갠추리의 위치값과 함께 크레인의 현재 크레인이 위치한 bay 및 row 값, 레이저 센서 및 디지털 컴퍼스로 측정한 값들을 표시하였다. 기준 위치 창에서는 이동할 갠추리 및 트롤리 기준 위치 값을 입력시키는 창이다. 그림 (b)에서는 현재 크레인이 이동된 위치와 함께 각 bay와 row에 적재되어 있는 컨테이너 수를 2차원으로 보인 것이다.

그림 9은 트롤리와 갠추리의 기준위치가 각각 1402 mm, 1431 mm일 경우, 크레인이 기준위치에 도착하였을 때 상위컴퓨터의 모니터 창을 보인 것이다. 트롤리의 위치가 1402 mm이며, 2개의 갠추리 위치값은 같은 1431 mm로 기준 위치에 정확하게 이동되었다. 그리고 트롤리 및 갠추리의 위치를 보상한 IR 다이오드 번호는 각각 3번 및 2번이다.

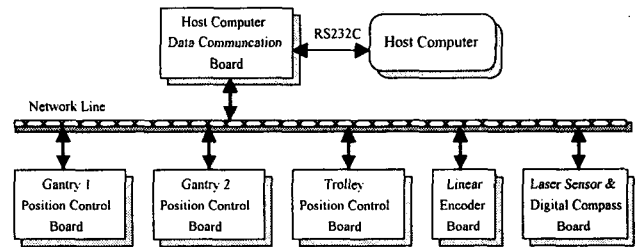
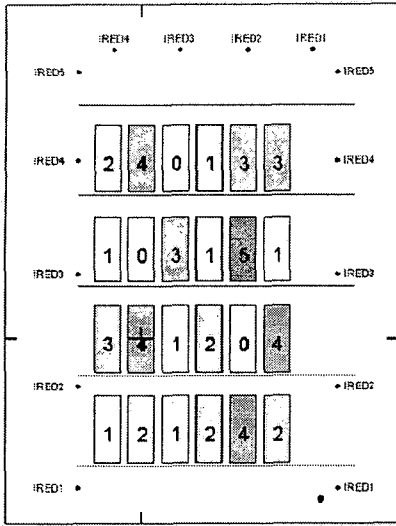


그림 8. 야드크레인의 네트워크 구성도  
Fig. 8. Network structure for yard crane

Status				
<b>Trolley</b>				
Run	Safe	Arrive	LED No	Row No
			3	5
			Distance [mm]	1402.0
<b>Gantry(R)</b>				
Run	Safe	Arrive	LED No	Bay No
			2	2
			Distance [mm]	1431.0
<b>Gantry(L)</b>				
Run	Safe	Arrive	LED No	Bay No
			2	2
			Distance [mm]	1431.0
Linear Encoder [mm]			1428	
Height State	RUN	Height [mm]	1402	
		Container	4	
Pitch [Deg]		-0.1		
Roll [Deg]		0.0		
<b>Load Position</b>				
Trolley Pos. [0.5mm]		2804		
Gantry Pos. [0.5mm]		2862		
Number of Row		5		
Number of Bay		2		
Load Position Value				

(a) 동작상태 및 기준위치 입력 창

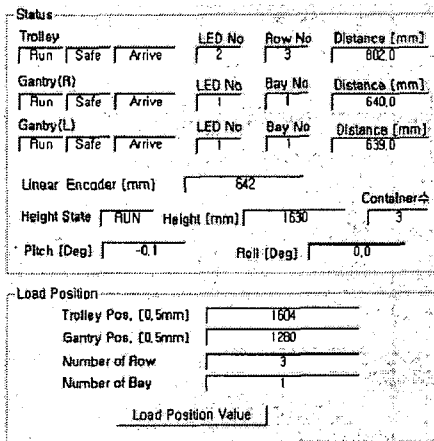


(a) 크레인의 이동위치 및 적재된 컨테이너 표시 창  
 그림 9 상위컴퓨터의 창 (기준 트롤리 위치 = 1402 mm, 기준  
 갠추리 위치 = 1431 mm인 경우)

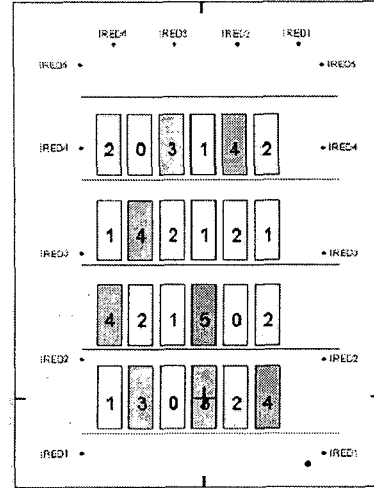
Fig. 9 Window of host computer at reference trolley position =  
 1402 mm, reference gantry position = 1431 mm .

리니어 엔코더로 측정된 갠추리 위치값은 1428 mm이며,  
 엔코더 펄스로 계산된 위치값과 3 mm 정도의 오차가  
 있다.

그림 10은 트롤리와 갠추리의 기준위치가 각각 802  
 mm, 640 mm일 경우, 크레인이 기준위치에 도착하였을  
 때 상위컴퓨터의 모니터 창을 보인 것이다. 트롤리의 위  
 치는 802 mm이고, 2개의 갠추리 위치값은 각각 640  
 mm, 639 mm로 1mm의 차이가 있으나, 크레인이 기준  
 위치에 거의 정확하게 이동되었으며, 트롤리 및 갠추리의  
 위치를 보상한 IR 다이오드 번호는 각각 2번 및 1번이  
 다. 리니어 엔코더로 측정된 갠추리 위치값은 642 mm  
 이며, 엔코더 펄스로 계산된 2개의 갠추리 위치값과는  
 2~3 mm 정도의 차이가 나타났다.



(a) 동작상태 및 기준위치 입력 창



(b) 크레인의 이동위치 및 적재된 컨테이너 표시 창  
 그림 10 상위컴퓨터의 창 (기준 트롤리 위치 = 802 mm, 기  
 준 갠추리 위치 = 640 mm인 경우)  
 Fig. 10 Window of host computer at reference trolley position =  
 802 mm, reference gantry position = 640 mm

#### 4. 결 론

본 논문은 엔코더 펄스와 적외선 센서로 야드 크  
 레인의 절대위치 측정방식을 제시하였다. 이 방식  
 은 위치 검출 시간이 짧고, 안개 등 외부 기후에  
 거의 영향을 받지 않으면서, 설치비용이 저렴하면  
 서 비교적 위치계산이 정확하다는 장점이 있다.  
 실제 시뮬레이터로 실험을 수행하여 리니어 엔코더  
 의 위치값과 비교한 결과 3 mm이내의 상당히 작  
 은 오차만이 있었으므로, 본 논문에서 제시한 방식  
 으로 상당히 정확한 크레인이 절대 위치를 측정할  
 수 있다. 따라서 정해진 레일 궤도 위에서 주행하  
 는 RMG형의 갠추리와 크레인 위에서 주행하는 트  
 롤리의 절대위치 측정에 쉽게 적용할 수 있을 것이  
 다. 그러나 적외선 다이오드가 전원이 필요하며,  
 RTG형의 갠추리 위치 측정에서는 사용하기 힘들  
 다는 문제점이 있으며 앞으로 이 부분을 좀 더 보  
 완하는 연구를 수행할 예정이다.

본 연구는 산업자원부원 지원에 의하여 기초전력공  
 학공동연구소 주관으로 수행된 과제임. (과제관리번  
 호 : 00-약-01)

#### 참 고 문 헌

[1] Yujj Kosaka, at al., "Development of Automatic  
 Operating System of Transfer Crane", MHI Tech.

- Review, Vol. 32, No. 2, pp.66-70, 1995.
- [2] Yoshiaki Okubo, "On-Ground Operation System of Container Cranes", MHI Tech. Review, Vol. 32, No. 2, pp. 55-60, 1996.
  - [3] T. Sholes and D. Stocker, "New Technology for Container Crane Automation, Part 3", GE Motors & Industrial Systems Technical Library.
  - [4] Series 2510 Reader System, "Reference Manual" Texas Instruments, 1996.
  - [5] "RFID, How it works and how to profit from it", ID Technologies, 1997.
  - [6] MOTOROLA, *LonWorks Technology device data*, Motorola, 1996.
  - [7] LonWorks, *Echelon LonWorks Products Databook*, Lonworks, 1996.