

論 文
A3-1

컨테이너 크레인의 CMS에 관한 연구

김영호*, 손정기**, 정동호***, 배종일[§], 이권순^{§§}, 이만형^{§§§}

A Study of Crane Monitoring System for Container Crane

Y.H. Kim*, J.G. Son**, D. H. Jung***, J.I. Bae[§], G.S Lee^{§§}, M. H. Lee^{§§§}

Abstract

This paper is aimed to handle quick work for all the workers and to improve the productivity by adding more effective content in Crane Monitoring System.

The contributing proportion of the increase of port productivity is more increasing concerning not only the port industry, but also all the informations of container crane which is the representative equipment by the rapid increase of the volume of freight of port. The basic of rapid service is the improvement of the productivity, the information of operation as to the productivity of crane for the quick handling within yard and especially the informations of breakdown and to handle breakdown as soon as possible has a great effect on the increase of productivity.

1. 서 론

컨테이너 크레인은 항만을 대표하는 하역장비이며, 기계·자동화의 급속한 발전으로 시스템이 첨단화되고 있는 추세이다. 이러한 장비를 운영하기 위하여 모니터링 시스템(Monitoring system)이 도입되게 되었다.^[1]

하역장비의 운전상황 및 관리시스템은 크레인의 운전·고장상태를 모니터하여 기억·저장함으로써 운전상태를 분석하거나 고장원인 및 유지보수에 필

요한 작업을 효과적으로 수행하는데 이바지 할 수 있는 중요한 시스템이라고 사료된다.

이와같은 시스템은 운전현황과 고속처리가 가능한 최첨단 산업용 컴퓨터와 판독을 용이하게 하기 위하여 운전실, 전기실, 동작별 제어반에 핵심 제어기인 PLC(Programmable Logic Controller)와 디지털 드라이브 등과 정보를 주고받기 위하여 통신장비 등의 하드웨어로 구성되어 있다.

본 연구에서는 운전자 및 정비요원이 쉽게 작업에 도움이 될 수 있도록 시스템을 구성하였으며, 시스

* 부경대학교 대학원
** 한국항만연수원
*** (주)삼협개발
[§] 부경대학교 전기공학과
^{§§} 동아대학교 전기공학과
^{§§§} 부산대학교 기계공학과

템 내용에 대해 살펴보면 다음과 같다.^[2]

- (1) CMS란 장비상태를 과학적 방법으로 파악하여 설비의 이상을 조기에 발견, 예측하고 이상 원인을 분석하며 운전중 점검이 불가능한 부분들을 주 대상으로 하여 생산성을 향상할 수 있다.
- (2) 실시간 운전정보 수집과 고속이며 효율적인 정보처리 기능으로 고장 또는 이상이 발생하면 그 내용과 발생 시간 그리고 관련된 도움말 및 부품정보를 쉽게 얻을 수 있다.
- (3) 운전자에 의한 운전사항의 모든 자료들을 수집·저장하여 보고서 형식으로 프린터를 통하여 출력할 수 있어 운전자나 정비사가 작성하는 운전일지 및 보수일지에 소요되는 시간을 절약할 수 있다.
- (4) 주요 부품의 사용 시간을 기록·저장하여 요한 유지보수 정보를 쉽게 얻을 수 있다.
- (5) 도움말을 이용하여 운전자 및 정비사가 컴퓨터에 대한 기초상식이 없어도 쉽게 활용할 수 있다.

2. 시스템의 구성

시스템은 운전 및 정비 그리고 생산보고서와 기록을 운영요원에게 제공되도록 해야하고, 기타 관리적인 측면에서 모든 기능을 통합하고 제어장치, 데이터 저장·처리, 그래픽 디스플레이, 경보, 고장 등의 통신이 원활하게 이루어지도록 구성해야 한다. PLC를 이용한 제어시스템을 살펴보면 단독, 집중, 분산, 계층시스템 등으로 나눌 수 있으며, 본 연구에는 계층시스템으로 표현하였다. 그림 1은 컨테이너 크레인의 구조를 나타내고 있다. 그림 2은 CMS 시스템의 하드웨어 구성도를 나타내었다.

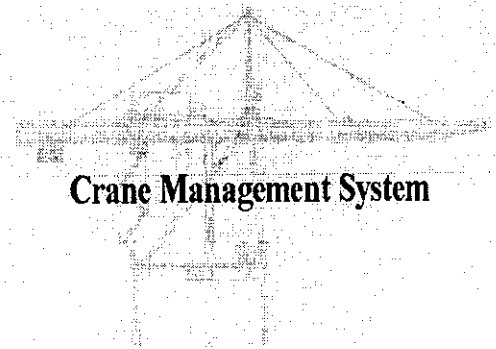


그림 1 컨테이너 크레인의 구조
Fig. 1 The structure of container crane

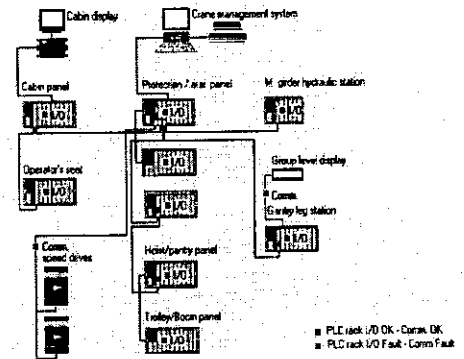


그림 2 시스템 구성
Fig. 2 The schematic diagram of systems

3. 모델링 및 문자인식

CMS 시스템구성에서 PLC와 속도제어기는 상호간에 정·부 루프를 통하여 통신하고 있으며, 전기실의 MAIN PLC로 데이터를 전송하여 운전실 및 전기실 컴퓨터로 정보를 전송한다.^[3]

PLC의 데이터 인식방식을 살펴보면 PLC의 CPU가 데이터를 논리하는 로직(Logic)의 영역에서는 0과 1의 두 개의 대상 밖에 존재하지 않는다. 이와같이 0과 1로 표현된 수식을 BIN(2진수)이라고 한다.

프로그램 작성과 연산결과의 모니터를 BIN 또는 BCD(2진화 10진수)만으로 실행하면 매우 번거롭기 때문에 주변기기 2진수를 10진수로 또는 반대로 변환기능 등을 갖게 하여 0과 1의 BIT Pattern을 해석하기 쉽게 DEC(10진수)또는 HEX(16진수)로 하는 것이 좋다. 왜냐하면 CMS의 내용이 많기 때문에 2진수로 표현하면 PLC내부 스캔 타임(Scan Time)이 떨어지기 때문에 크레인을 동작하는 응답 특성이 저하되는 결과를 초래한다. 표 1과 표 2는 BIN에서 DEC로 표현한 것이다.

표 1 BIN에서 DEC로 변환
Table 1 The transformation BIN into DEC

BIN	0000	0001	0010	0011	0100	0101
DEC	0	1	2	3	4	5

BIN	0110	0111	1000	1001	1010
DEC	6	7	8	9	10

표 2 BIN에서 각 BIT로 DEC의 표현
Table 2 The expression of DEC into BIT from BIN

BIN의 각 BIT	10BIT	9BIT	8BIT	7BIT	6BIT	5BIT
	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5
DEC의 식	1024	512	256	128	64	32

BIN의 각 BIT	4BIT	3BIT	2BIT	1BIT	0BIT
	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
DEC의 식	16	8	4	2	1

표 1에서 10진수에서 수가 증가하면 0 다음은 자릿수가 늘어나 10으로 된다. BIN에서 0,1의 자릿수가 늘어나 10으로 된다.

표 2는 BIN의 각 BIT는 다음에 표시된 DEC에

상당하는 수식을 가지고 있다.

그러므로 표 2는 다음 식(1)에 의해 표현될 수 있다.

$$BIN = b^n + b^{n-1} + b^{n-2} + \dots + b^0 = DEC \quad (1)$$

10진법으로 표현하기 위한 식은 다음과 같다.

$$N = (a_n \dots a_3 a_2 a_1 a_0. a_{-1} a_{-2} a_{-3} \dots a_{-m})_r \quad (2)$$

r : 수의 진수(radix)

a_n : 최상위 유효 디지트

$a_1 a_0 a_{-1}$: 디지트

a_{-m} : 최하위 유효 디지트

식(2)는 다음과 같이 정리된다.

$$N = \sum_{i=-m}^n a_i r^i \quad (3)$$

동작에 필요한 각종 BIN신호를 PLC내부 데이터 명령어에 의해 동작별 원인을 분석할 수 있도록 한다. 그리고, 계자전류, 전압 등과 같은 데이터들은 A/D 또는 D/A 변환기로 정보를 입수하여 처리하고 있다.

4. 화면의 정보

본 연구에서는 다음과 같은 정보를 제공하고 있으며, 운전, 정비, 그리고 관리적인 측면에서 장비에 대한 모든 정보를 제공받을 수 있다.

4.1 시스템 정보

그림 3은 시스템정보를 표현한 것이다. 초기 화면에서 정비, 고장, 경보, 생산성, 운전 상황에 대한 정보가 나타내어야 하며, 그외 통신상태, 보조 설비에 대한 것들이 그림과 문자정보로 나타낸다.

4.2 센서 정보 및 구동부 정보

크레인 동작에 따른 분류에서 리미트 스위치

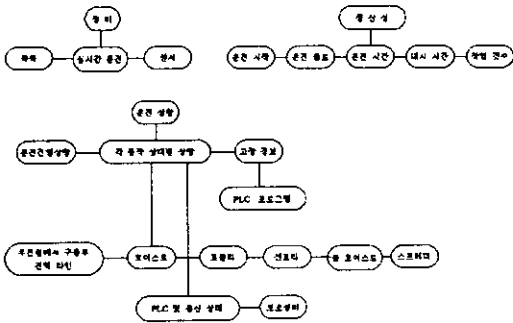


그림 3 시스템 정보
Fig. 3 The system information

(Limit switch)와 구동부와 관련된 사항을 표현 한다. 특히 운전에 영향을 주는 브레이크, 속도제어기, 전동기의 속도 피이드백(Feedback)용 TG(Tacho Generator)과 위치검출을 하는 엔코더(Encoder) 등의 정보는 정상상태를 유지해야 한다. 그러므로 각 모드상의 상태를 색깔로 표시하여 이상유무를 확인할 수 있으며, 구동부의 동작값, 위치, 전동기의 운전상황을 실시간 그래프와 도표로 표현하고 속도제어에 관련하여 전기자 및 계자전류와 전압의 변화를 나타낸다. 그림 4는 호이스트의 동작의 예이다.

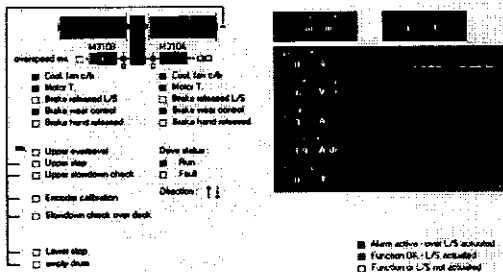


그림 4 센서와 구동부 정보
Fig. 4 The information of sensor and driving

4.3 고장 정보

그림 5는 고장이 발생하는 시간을 차례대로 수집·관리하여 자료로 저장하며, 운전자의 확인과 정상회복시까지 화면상의 도표에 이를 유지하고, 각 고장은 시간, 상태, 발생부분 및 내용 등의 자료

를 가지며 고장에 취해진 조치에 따라 색깔(적색, 노랑, 녹색 등)을 달리하여 쉽게 구분이 될 수 있도록 하였다. 정비사에게 도움을 줄 수 있도록 출력이 가능하며 기록 저장도 되는 것이 특징이며, 최단시간 수리완료가 되기 위한 정보가 필요하다.

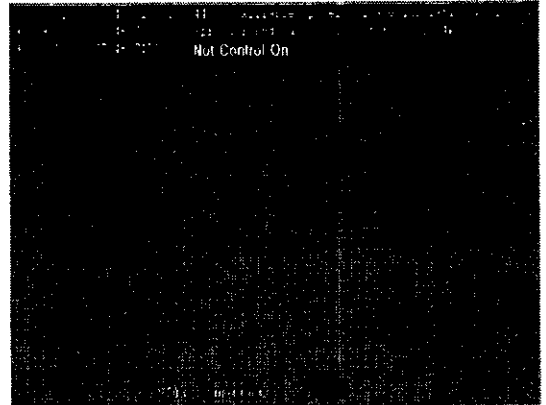


그림 5 고장 정보
Fig. 5 The information of fault

4.4 관리 정보

관리정보는 생산량(시간당, 일, 주, 월 등), 싸이클 타임(개인당), 그리고 생산에 관련된 모든 정보 및 유지보수에 사용되는 부품의 시간과 정비시 필요한 정비사항에 대하여 정보를 알 수 있다.

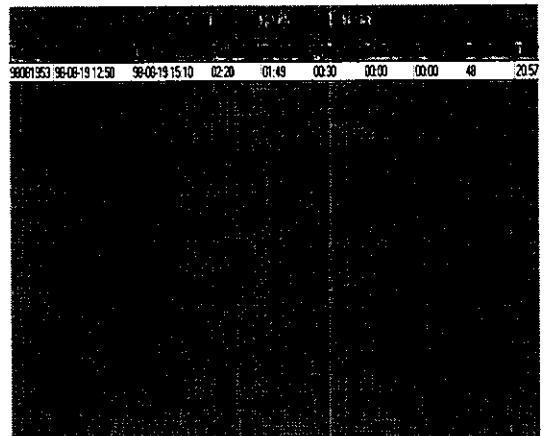


그림 6 관리 정보
Fig. 6 The information of management

며, 부품의 재고사항 등을 살펴볼 수 있다.

4.5 기타 정보

이외에도 유압에너지를 사용하는 장치를 살펴 보면 다음과 같다.

- 1) 폭주방지장치
- 2) 스프레더
 - ① 플리퍼(Flipper)
 - ② 트위스트록 (Twist Lock)
 - ③ 텔레스코픽 (Telescopic)

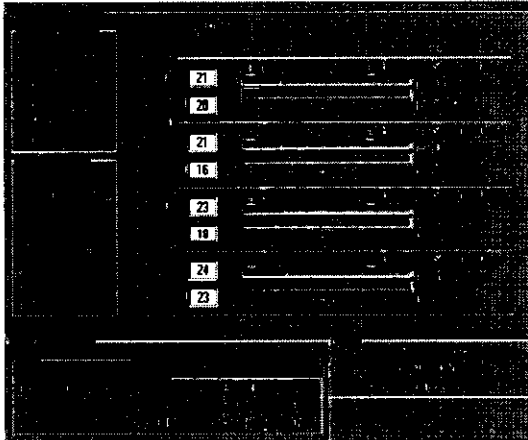


그림 7 유압 시스템
Fig. 7 The hydraulic system

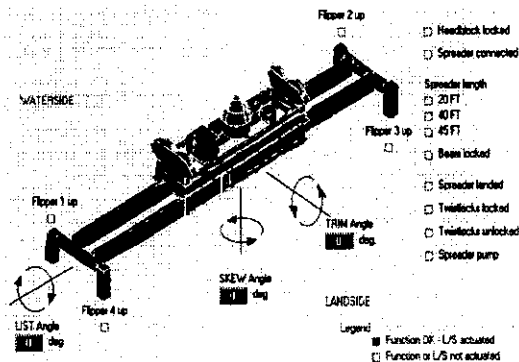


그림 8 스프레더
Fig. 8 The spreader

3) 경진장치

등으로 나눌 수 있으며 유압시스템의 작동유, 온도, 레벨, 압력 기타 제어상의 문제가 되는 것을 표현한다. 그림 7과 그림 8은 유압시스템과 스프레더의 화면구성을 나타내고 있다.

5. 시뮬레이션

CMS상에서 어떤 형태의 내용을 표현하기 위해서 PLC의 스캔 타임이 매우 중요하다. 각 영역 안에서 스캔 타임에 의해 프로그램이 유지 또는 운영 등이 이루어지고 있다. 스캔 타임은 보통 20[msec]에서 50[msec] 정도로 한다. 문자와 숫자의 표현에 있어서 워드값은 매우 중요하다.

$$N = 2^{16} = 65536 (-32768 \sim +32767)$$

$$N = 2^{32} = 4294967296 (-2147483648 \sim +2147483647)$$

PLC운전에서 기준값이 되는 상수 CW (Constant Word), CDW (Constant Double Word)도 마찬가지이다.

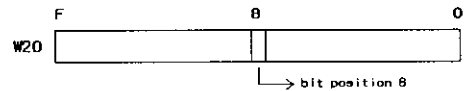


그림 9 비트 위치
Fig. 9 The bit position

어떠한 운전상황에서 발생된 메시지는 내부 프로그램에서 PLC 동작 프로그램에서 먼저 정상운전에 필요한 조건들을 확인하는 과정에서 나타난다. 다음 회로는 어떤 내부회로의 주행동작을 실행하기 위한 프로그램이다.

표 3 내부 프로그램

Table 3 The internal program

Step 수	명령	Device
0	LD	B412
1	AND	B407
2	ANI	B338
3	ANI	B440
4	ANI	B441
5	AND	B442
6	AND	B444
7	ANI	B453
8	OUT	B452
9	END	

여기서,

- B412 : 주행선택
- B407 : 주행방향
- B338 : 모션선택구역
- B440 : 1순위정지
- B441 : 2순위정지
- B442 : 정지요구
- B444 : 3순위정지
- B453 : 운전방향선택

표 3에서 B452로 출력이 나가야 하지만, B412에서의 에러 발생으로 출력이 나가지 않을 때는 일반적으로 한 개의 속도제어기로 호이스트 주행, 횡행, 붐 호이스트를 같이 하기 때문에 호이스트 동작에서 주행동작으로의 전환 과정에서 마스터 콘택트가 운전 동작으로 선택이 되지 않을 때, B452로의 출력은 나갈 수 없다. 이때, 운전 정지 사항은 관련 16비트 워드값인 W401.C와 W401.D로 나타난다.

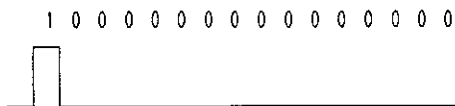


그림 10 펄스 표현
Fig. 10 The pulse expression

그림 10과 같은 펄스 신호로 전송된다. W401 전체에는 다른 내용의 메시지 전체를 담는다.

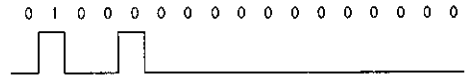


그림 11 펄스 표현
Fig. 11 The pulse expression

그림 11과 같은 펄스가 발생하면, W401.C와 W401.D와 같은 내용의 메시지를 나타나게 하여 그 원인을 W401.E와 W401.B의 출력원인으로 확인이 가능해야 한다.

6. 결 론

현대화된 항만장비를 효율적으로 운영하기 위하여 효과적인 제어시스템 및 관리시스템이 적용되어야 국제적인 경쟁력을 향상시키는 데 이바지할 수 있다. 이러한 일련의 사항들을 해소할 수 있으면 물류비 절감에 이바지할 수 있으므로 운전자, 정비사 그리고 관리자가 한 눈에 야드에 설치된 항만 장비를 파악할 수 있도록 하는 것은 이제 중요한 문제로 대두된다. 그러므로 전 하역 장비에 연결하여 Main control room에서 제어를 한다면 더욱 더 운용 효율이 증가할 것이다.

이와같은 문제를 해소하기 위해 적극적인 연구가 이루어질 수 있도록 항만에 관련된 산학연이 더욱더 많은 연구가 되어야 한다고 사료된다.

참고문헌

- [1] 손정기, "컨테이너 크레인의 생산성 향상에 관한 연구," 한국항만학회, 제 12권 제 1호, pp. 113~118, 1998.
- [2] 배종일, "컨테이너 크레인 스프레더의 흔들림 제어에 관한 연구," 부경대학교 논문집 pp. 137~144, 1997.

- [3] 손정기, "RMQC 동작 및 제어반에 관한 연구," 제 1권, 1998.
- [4] 이만형, 홍금식, 손성철, "컨테이너 크레인의 모델링 및 제어에 관한 연구," KACC, pp. 609~612, 1995.
- [5] 정경채, "크레인의 진동 저감을 위한 제어기 개발용 시뮬레이터," 대한전기학회 논문지, Vol. B, pp. 1161~1163, 1996.
- [6] 이용운 외 8인, *컨테이너 크레인*, 한국항만 부산연수원, 1997.
- [7] 이진우, 이충환, 김상봉, "타워형 크레인의 자동화를 위한 이론적 고찰 및 디지털 제어에 관한 연구," 한국 자동제어학술회의 논문집, Vol. 1, pp. 993~998, 1992.
- [8] E Anselmino and T. M. Liebling, "Zeitoptimale Regelung der Bewegung Einer Hagenden Last Zwischen Zwei Beliebigen Randpunkten," Proc. 1967 Int, Analogue Computation Meetings, I, pp. 482~492, 1967.
- [9] M. Fliss, J. Levine and P. Rouchon, "A simplified approach of crane control via generalized statespace model," Proc. 30th Conference on Decision and Control, Brighton, England, pp. 736~741, 1991.
- [10] G. A. Manson, "Time optimal control methods arising from the study of overhead cranes," Ph. D. Thesis, Univ. of Strathclyde, Glasgow, U.K, 1997.

본 연구는 한국과학재단지정 동아대학교 지능형 통합항만관리 연구센터의 지원에 의한 것입니다.