

## 크레인 제어를 위한 통합 네트워크 및 제어 시스템

◦김응석\*, 김문철\*, 허우정\*, 신경봉\*,  
박정민\*\*, 유병재\*\*, 조영조\*\*, 김광배\*\*,  
류해영\*\*\*, 안병규\*\*\*

\* 삼성종합기술원 산업전자연구실  
\*\* 한국과학기술연구원 정보전자연구부  
\*\*\* 삼성중공업 기전연구소

## Integrated Communication and Control System for Cranes

◦Eung-Seok Kim\*, Moon-Cheol Kim\*, Woojung Huh\*, Kyung-Bong Shin\*,  
Jung-Min Park\*\*, Bum-Jae You\*\*, Young-Jo Cho\*\*, Kwang Bae Kim\*\*,  
Hae-Young Ryu\*\*\*, Byung Gyu Ahn\*\*\*

\* System Control Laboratory, Samsung Advanced Institute of Technology  
\*\* Division of Electronics and Information Technology, Korea Institute of Science and Technology  
\*\*\* Research Institute of Machinery and Electrotechnology, Samsung Heavy Industries Co., LTD.

*Abstract - In this paper, we introduce an integrated communication and control system(ICCS) for control of a crane. The system is integrated with a composite technique as a network interfacing, a user interfacing and a system control for continuous process like as a container crane. The field-bus(Profibus) network module is used to interconnect each input/output module with main control unit. The MMI system for user interfacing is integrated with an ODBC-based data management tool and IEC1131-based control logic design tool(Soft-Logic Designer:SLD). The each programed control task in the main controller is executed using a petri-net based scheduler.*

### 1. 서론

크레인 제어시스템은 운전조작실로 부터 운전자의 조작 명령에 의해 gantry, trolley, hoist 등 3종의 전동기 및 각종 구동장치(로프텐셔너, 스프레더조작기 등)를 적절히 제어하여 원하는 동작을 수행하도록 개발된 시스템이다. 즉, 크레인 제어시스템은 적재물의 진동억지제어, 스프레더 조작 제어, 로프장력 보상기 제어 등 복잡한 전기/기계 제어시스템이 결합된 독특한 형태를 갖는다. 이러한 시스템을 자동화하기 위해서는 원거리에 위치한 각종 전기/기계 장치들의 매개변수 및 상태를 측정하거나 지정된 명령을 전달하는 원거리 데이터 입출력기능, 공정의 진행순서에 따른 순차제어를 담당하는 기능 및 구동장치의 동작속도설정, 로프장력제어, 각종기계장치 작동 빠른 속도를 요하는 루프제어기능 등의 단위요소 기술개발과 전체 시스템의 통합기술이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 크레인 제어시스템 개발을 위하여 네트워크 인터페이스 기술, 사용자 인터페이스 기술 및 시스템 제어기술 등 복합적인 단위요소기술을 먼저 개발하고, 이를 전체 시스템으로 확장한 통합네트워크 및 제어시스템(Integrated Communication and Control System:ICCS)을 개발하고자 한다. 본 시스템에서는 하부 입출력 장치들은 Profi-bus 를 이용하여 중앙제어장치와 인터페이스하여 하부 입출력 데이터를 통합관리하고, 중앙제어장치에서 수행될 제어프로그램들의 국제표준규격(IEC1131-3)에 입각한 프로그래밍이 가능하도록 그래픽툴(Soft-Logic Designer) 을 개발하고, 이를 이용해 프로그래밍된 제어알고리즘은 petri-net 모델 및 스케줄러를 이용해 수행시킨다.

### 2. 시스템 하드웨어 구성

본 논문에서 제안한 크레인 제어시스템은 크게 세종류(사용자 인터페이스 시스템:MMI시스템, 중앙제어시스템, 하부 입출력시스템)의 계층적 구조를 갖는다. 이 시스템의 개략적인 구조를 다음의 그림 2-1 에 나타내었다.

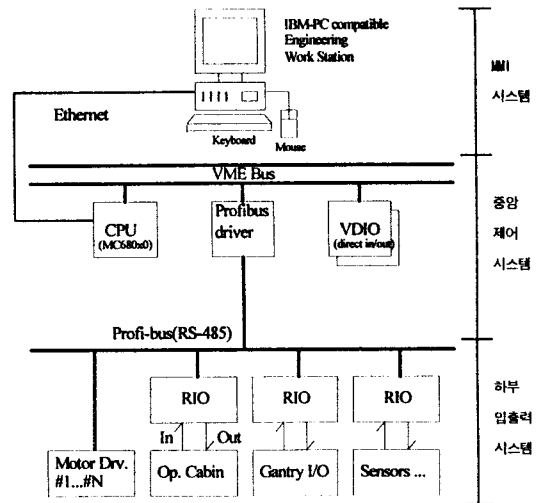


그림 2-1 전체 시스템의 하드웨어 구조.

### 2.1 사용자 인터페이스 시스템

이 시스템은 IEC1131-3 국제표준규격에 입각한 제어프로그램(SFC, FBD, LD, ST 등)의 입력, 전체 시스템의 구조정의 및 각종 입출력 신호 및 주요 데이터들의 모니터링과 저장 등을 수행한다. 사용자의 편의성 및 확장성을 고려하여 IBM-PC 호환기종 및 한글 MS-Windows 95 환경에서 프로그래밍된다. VME-Bus 를 이용한 실시간 중앙제어시스템과는 Ethernet 으로 인터페이스되어 데이터를 공유한다.

## 2.2 중앙제어시스템

이 시스템은 VME-Bus 시스템으로 구성되는데, 사용자 인터페이스 시스템으로부터 입력되는 각종 제어프로그램을 분석하여 전체 시스템의 실시간 제어를 담당하고, 하부 시스템과의 네트워크 인터페이스를 통한 각종 입출력 데이터 처리 및 주요 데이터를 관리하는 기능을 수행한다. 주 연산 모듈로는 모토롤라 MC68040 마이크로 프로세스 칩이 내장된 단일 보드 컴퓨터이며 Ethernet 및 Profibus 네트워킹 모듈을 실장하고 있다. 사용자 인터페이스 시스템과는 Ethernet 으로 통신하고, 하부 시스템들은 Profibus 를 이용해 통합 인터페이스된다. Motor drive 및 PLC 와는 RS-422 직렬 통신방식으로 연결할 수도 있다.

## 2.3 하부 입출력 시스템

이 시스템은 VME-Bus 에 직접 연결되어 있는 직접 입출력 장치와 Profibus 를 통해 연결되는 원격 입출력 장치(Remote I/O Module) 로 구성되어 있다. 원격 입출력 장치의 CPU는 MC68302 를 채용하고 있으며 Protocol converter(serial to fieldbus, fieldbus to fieldbus, RS232 to Profibus, Profibus to CAN, etc) 의 역할을 수행할 수 있도록 설계되어있다. Profibus 통신망은 기본적으로 RS-485 의 전기적인 사양에 준하여 127 개의 통신노드까지 확장할 수 있으며 전체 통신망의 길이는 twisted pair 를 사용하면 1500 미터까지 연결할 수 있다. 데이터 전송속도는 3.6 kbps 에서 500 kbps 까지 가변할 수 있다.

## 3. 시스템 소프트웨어의 구성

### 3.1 MMI 시스템에서의 데이터 처리 및 관리

산업용 PC를 기반으로 하는 MMI 시스템과 VME 버스 시스템을 기반으로 하는 중앙제어기 간의 통신은 현재 산업 표준으로 널리 사용되고 있는 Ethernet을 이용한다. 그림 3-1은 ICCS에서의 통신 시스템 구조를 보여 주고 있다. MMI 시스템과 중앙제어기 간에 두개의 socket port를 이용하여 양방향 통신을 하고 있다.

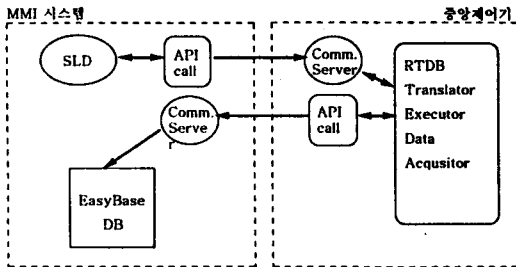


그림 3-1 통신 시스템 구조.

각종 입출력 디바이스의 접점에서 발생하는 공정 데이터는 이력 데이터로 관리함으로써 향후에 공정을 개선하거나 문제점을 파악하는데 중요한 데이터로 사용될 수 있다. 공정의 감시는 별도의 모니터링용을 이용하는데 모니터링용에서 DB에 저장된 이력데이터를 추출하거나 MMI 시스템 상의 통신 서버로부터 OLE(Object Linking and Embedding)을 이용하여 이력 데이터를 얻어오는 방법을 사용하고 있다. 이력 데이터의 관리는 (주)삼성전자에서 개발한 EasyBase를 이용한다. EasyBase는 (주)마이크로소프트가 제안한 ODBC(Open DataBase Connectivity)라는 표준 CLI(Call level Interface)를 지원하고 있어 본 ICCS에서도 ODBC를 이용하여 DB에 이력 데이터를 저장하고 추출한다.

## 3.2 제어기 설계 프로그램

### 3.2.1 전체구조

SLD는 윈도우즈95를 기반으로 하는 시스템을 대상으로 개발 되었다. 개발툴은 Microsoft Visual C++4.0을 이용하였으

며, 편리성 및 고급의 사용자 인터페이스를 위하여 Microsoft사의 Object Orient Class Library인 MFC(Microsoft Foundation Class Library) 4.0을 이용하여 프로그래밍 하였다. IEC1131-3에 정의된 5가지 언어(SFC, FBD, LD, IL, ST) 중에서 3가지(SFC, FBD, ST)를 지원한다. SLD 에디터는 다중문서편집(MDI) 이 지원되어 프로그램 작성이나 수정시 편리하게 이용할 수 있으며 그래픽 아이콘에 의한 명령어 선택으로 초보자도 쉽게 이용할 수 있도록 만들어졌다. 에디터는 각 프로그래밍 언어마다 child 윈도우로 따로 지원이 된다. 즉 SFC는 SFC의 특징을 이용하는 에디터를 이용하여 프로그래밍 할 수 있으며, FBD, ST 각각 해당 언어에 맞는 아이콘과 메뉴를 이용할 수 있다. 하나의 SFC만으로 전체 시스템 흐름을 표현하고 SFC에서 Simultaneous Branch 를 이용하여 멀티 태스킹 작업을 구현할 수 있다. 각 SFC 내에서 각 STEP은 FBD와 ST의 서브 파일로 구성되어 있으며 TRANSITION 의 조건은 FBD/ST 형식의 single blean expression 으로 표현한다.

### 3.2.2 SLD의 기능

각 에디터는 기본 그리기 기능외에 object들을 선택, 복사, 삭제가 가능하다. 그러나 grouping, ungrouping은 지원하지 않는다. undo는 한단계 레벨까지 가능하다.

## SEQUENTIAL FUNCTION CHART

SFC 는 시스템 전체의 시퀀스를 표현하고 제어하는 목적으로 사용된다. SFC 에디터는 전체 화면을 nxn의 큰 블록으로 나누어 블록내에 SFC 요소 (BEGIN, STEP, TRANSITION, SELECTION SEQUENCE, SIMULTANEOUS SEQUENCE, JUMP BLOCK 등)를 편집하도록 되어있다. nxn array 방식을 사용하는 이유는 SFC 자체가 고정된 형식을 취하고 있기 때문이며 이러한 데이터 구조가 코드를 생성하고 에디터를 구현하는데 있어 보다 효율적이다.

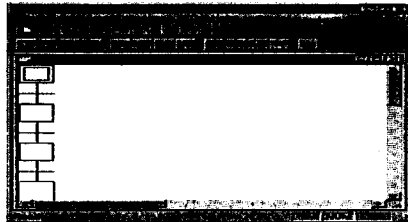


그림 3-2 SFC 편집기 윈도우.

## FUNCTION BLOCK DIAGRAM

FBD 에디터는 SFC 에디터와 같이 큰 블록이 아닌 10 point 단위로 움직이게 하였으며, 블록과 블록간의 연결선은 입력과 출력 포트를 지정하면 자동으로 생성되도록 하였다. 한 블록은 다음과 같이 구성된다. 100 x 100 point의 크기로 전체의 블록을 설정한다. 이 설정값에 근거하여 블록의 경칭 등을 판단한다. 한 블록이 갖을 수 있는 입력과 출력의 개수는 8개로 제한한다. 8개이상의 입력이 필요할때는 2개이상의 블록으로 구현해야 한다.

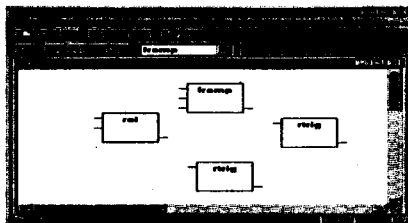


그림 3-3 FBD 편집기 윈도우.

### 3.3 제어 프로그램의 실행

전체 시스템의 흐름을 기술하기 위해서는 SFC를 이용하고, SFC내의 각 step을 구성하는 FBD/ST 등을 이용하여 제어 프로그램을 기술한 후 최종적으로 ST code로 저장한다. 이 code들은 중앙제어장치로 다운로드되며 translator에 의해 해석된 후에 실시간 다중처리가 가능한 executor에 의해 실행된다. translator는 lex/yacc을 이용하여 개발하였다. 본 시스템에서는 전체 제어프로그램을 하나의 SFC 형태로 구현하고, 이를 Petri-net model에 입각한 code로 만든다. SFC 내부의 각 step들은 task로 생성한다. Petri-net model을 이용하면 simultaneous branch와 selection branch에 대한 판단을 위한 별도의 정보가 없어도 되고(Petri Net model 자체로 해결됨) branch내에서의 nest depth에 제한을 둘 필요도 없게 된다. Petri-net model의 첫 step은 항상 (S1)이고, 초기 marking을 갖고 있다. step 각각은 VRTX-spectra 환경하에서 task로 만들어지며, translator에 의해 각 transition에 대한 in/out step에 대한 정보가 data structure에 저장되게 되고, 이를 이용하여 token path를 결정하게 된다. IEC1131-3 규격에 따라, transition condition은 "single boolean expression"으로만 만들어지고, 이 expression의 결과에 의해 시스템 제어흐름의 진행이 결정된다. 각 step내의 ST code들은 정해진 형태로 해당 memory block에 저장되고, 각 task들은 스스로 executor가 되어 memory block pointer를 따라 정해진 작업을 수행하게 된다. 이러한 single code multi-tasking 방식은 translation시에 미리 작업의 상당부분을 처리한 상태이므로 실행 시간을 줄일 수 있고, 실행되는 task의 code들이 모두 동일한 형태를 가지므로 개발 단계에서의 작업량도 줄일 수 있다. 또한, 실행될 code들이 linked list형태로 연결되어 있어 debugging이 용이하고, memory block의 구성을 외부에서 원하는 형태로 변경하기가 용이하다. 그림 3-4와 3-5는 동일한 프로그램을 각각 SFC 모델과 Petri-net 모델로 표시한 것이다. 상호간에 상당한 유사성이 있음을 볼 수 있다.

### 5. 결론

본 논문에서는 크레인 제어용 통합네트워크 및 제어시스템(Integrated Communication and Control System:ICCS)을 개발하였다. 하부 임출력 장치들은 Profi-bus를 이용하여 중앙제어장치와 인터페이스시키고, 중앙제어장치에서 수행될 제어알고리즘의 IEC1131-3 규격에 입각한 프로그래밍이 가능하도록 그래픽툴(Soft-Logic Designer)을 개발하고, 이를 이용해 프로그래밍된 제어알고리즘은 petri-net 모델 및 스케줄러를 이용해 수행시킨다. 개발된 ICCS는 크레인 제어용 뿐 아니라 여러대의 PLC를 대신해서 통합운영하는 형태로 공정제어용으로의 적용이 가능하다.

#### 참고문헌

- [1] Product Selection Guide, PEP Modular Computers, 1995.
- [2] D. Popovic and V.P. Bhatkar, *Distributed Computer Control for Industrial Automation*, Marcel Dekker Inc., 1990.
- [3] *IEC1131-3 Standardizes PLC Programming Languages*, Control Engineering, March 1995, pp.41-45.
- [4] *IEC1131-3 International Standard Programming Languages*, Droits de reproduction reserves, 1993.
- [5] *VRTXsa User's Guide*, Microtec Research, 1995.
- [6] J. L. Peterson, *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*, Prentice-Hall Inc., 1981.

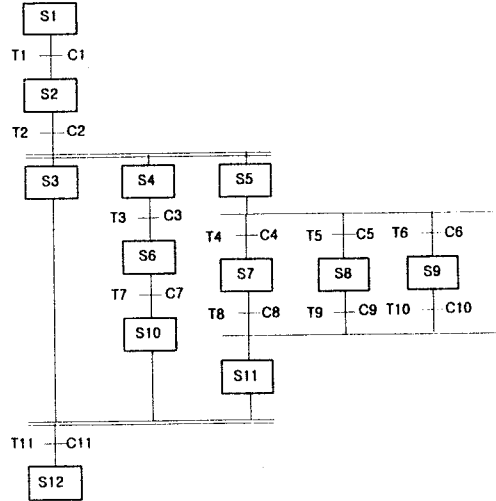


그림 3-4 Sequential Function Chart.

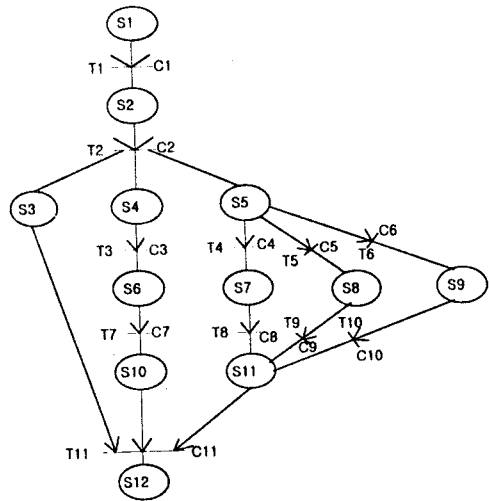


그림 3-5 SFC에 대한 Petri-net model.