

## 연속공정 자동화를 위한 전동기 그룹제어시스템의 개발

조영조, 오상록, 최익, 안현식, 권순학, 이준수, 김광배, 임준홍\*

한국과학기술연구원 제어시스템연구실, \*한양대학교 전자공학과

### Development of Motor Group Control System for Continuous Process Automation

Y. J. Cho, S. R. Oh, I. Choy, H. S. Ahn, S. H. Kwon, J. S. Lee, K. B. Kim, J. H. Lim\*

Control System Lab., Korea Institute of Science and Technology

\*Dept. of Electronic Eng., Hanyang University

#### ABSTRACT

A motor group control system is developed for continuous manufacturing processes such as rolling process or electrolytic tinning process. The control system consists of four subsystems ; Multi-Function Controller (MFC), Flexible Motor Drive (FMD), Bulky Input/Output (BIO), Graphic Console and Simulator (GCS). A graphic control language, called Function Block Language, is used to configure the control algorithms for each subsystem. All subsystem are linked together thru a field bus to communicate data with each other.

#### 1. 서론

생산성 향상을 통한 국제 경쟁력 강화 및 다양한 시장의 요구에 대처하기 위하여 산업 공정은 단위 기계 자동화를 포함하여 전 공정의 자동화를 추진하고 있다. 특히 1970년대 초반부터 출현된 마이크로프로세서 기술의 발달은 자동화를 위한 제어 장치의 혁신적인 변화를 초래하였는바, 이를 기반으로 화학 공정 및 제조 공정등과 같은 대규모 공정제어 분야에서도 디지털 컴퓨터를 이용한 자동화가 전면적으로 시도되고 있다. 실제로 일본, 미국등의 선진 외국에서는 1950년대 부터 부분적인 자동화를 시작하여 최근에는 각종 산업 분야에 걸쳐 전 공정 자동화를 시도하여 품질 향상 및 생산비 절감을 꾀하고 있고, 우리나라에서도 1970년대 부터 자동화의 필요성이 인식되어 현재 많은 산업 공정에서 자동 생산 시스템을 구성하고자 시도하고 있다. 특히 부존자원이 부족한 우리나라의 실정을 감안할 때 석판공정, 제지공정, 강관공정, 전선공정, 압연공정 등 고부가가치의 제조 산업의 자동화는 선결되어야 한다.

이들 제조 산업 공정들의 대부분은 개별제어 또는 연동제어되는 다수의 전동기를 사용하여 연속적으로 제품을 생산해내는 연속공정인 바, 이러한 연속공정을 위한 자동화 시스템에서는 다수 전동기들을 다양한 제어 목적에 사용가능하도록 하는 전동기 그룹제어시스템 기술이 가장 핵심이 된다.[1] 따라서, 본 논문에서는 먼저 연속공정 자동화 시스템의 일반적인 구성을 음미해 보고, 이중 생산라인 제어를 담당할 수 있도록 개발한 전동기 그룹제어시스

템을 다음과 같이 크게 5가지 요소기술의 관점에서 제시하고자 한다.

- (1) 연속 공정의 생산라인을 효율적으로 제어하기 위하여 제어 기능과 그에 따른 하드웨어를 효과적으로 분산화 하는 시스템 설계 기술
- (2) 복잡한 제어 알고리즘을 쉽게 프로그래밍할 수 있도록 하는 그래픽 제어 언어의 구현 기술
- (3) 소프트웨어 및 전력 모듈만의 변경으로 다양한 전동기 그룹을 다양한 제어 목적에 응용 가능하게 하는 유연한 전동기 드라이브 (FMD : Flexible Motor Drive) 기술
- (4) 전공정을 효과적으로 감시 운영할 수 있도록 하는 공정 제어 그래픽 기술
- (5) 분산제어 서비스시스템 간의 고속 데이터 통신을 위한 실시간 데이터 링크 기술

#### 2. 연속 공정 자동화시스템의 일반적인 구성

제철공장의 냉간, 열간 압연공정이나 강관공정, 제지공장의 초지공정, 금속공장의 도금공정등 제품의 흐름이 연속적인 연속공정 자동화 시스템은 다수의 전동기에 대한 속도제어 및 토크 제어, 제품의 장력제어 및 위치제어 등 복합적인 기계자동화 기능을 중심으로 세척, 도금, 탈수, 회석 등의 계장제어 기능이 가미된 독특한 형태를 취한다.

즉, 연속공정 자동화 시스템은 다수 전동기들의 연동을 조절하는 전동기 그룹제어기와, 기계 가공 공정이나 자동차 조립 및 용접 공정 등에서 사용되던 PLC (Programmable Logic Controller) 및, 지금까지 화학공정 및 전력 플랜트 등 응답특성이 비교적 느린 공정에 적용되어 왔으나 MMI (Man-Machine Interface)가 우수한 DCS (Distributed Control System)등이 총체적으로 결합되어 있는 대규모의 종합제어 시스템이다.[2] 따라서, 연속공정 자동화 시스템은 신뢰성, 확장성, 고응답성, 설계와 구현 및 보수의 편의성등을 고려하여 표 1과 같이 제어시스템 단위들을 계층 구조로 분산 배치한 형태를 취한다. 표 1에서 나타난 계층별로 연속 공정 자동화 시스템의 구성 및 기능을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 계층 1 : 단일기계제어

연속공정의 경우 공정 라인에는 구동기로 전동기가 많이 쓰이고, 이러한 다수의 전동기들이 정해진 시퀀스에 따라 가변속 제어 되거나 제품의 장력제어를 위하여 토크 제어된다. 단일기계 제어 계층은 이러한 가변속 및 토크의 설정치에 맞추어 전동기를 피이드 백 제어해 주는 여러대의 EPC (Electric Power Controller)와 전동기 구동의 시퀀스 제어를 담당하는 다수의 중대형 PLC (Programmable Logic Controller)로 구성된다.

(2) 계층 2 : 생산라인제어

이 계층은 연속 공정의 조업 방안에 따라 전체공정의 생산계획 데이터와 기계의 가동조건 및 기기의 운전 모드 등을 고려하여 정해진 시간에 정확한 단위 기계들의 설정치를 EPC로 내려주거나 하위의 PLC들에 대한 데이터를 저장 또는 교환하는 기능을 갖는 통상 DDC(Direct Digital Controller)로 불리워지는 라인 제어를 중심으로 하여, [3] 공정의 특성에 따라 적당한 화학공정 제어 및 유량 제어 등을 담당하는 계장제어기 DCS(Distributed Control System)와 Operator Guidance를 제공하는 OIU(Operator Interface Unit) 등으로 구성된다. 특히 라인 제어기는, 방대한 양의 공정 데이터 베이스를 수집, 관리하고, 약 10ms 정도의 샘플주기로 장력제어 및 가변속 설정치 제어를 다수의 전동기에 대하여 수행하며, 작업 스케줄링을 위한 시퀀스 제어와 운전자 인터페이스 기능도 동시에 제공해 주어야 하므로, 통상 다중 마이크로 프로세서 구조와 multi-tasking 기능을 갖는 마이크로 컴퓨터 시스템으로 구현되며, 하위계층과는 고신뢰도의 실시간 데이터 링크로 연결되어 있다. [4][5]

(3) 계층 3.4 : 공장제어 및 총괄 제어

보통 중형 이상의 컴퓨터 시스템으로 구성되고 생산라인 제어 계층과는 Ethernet 이나 MAP (Manufacturing Automation Protocol) 등의 LAN (Local Area Network) 으로 연결되어 있다. 공장제어 계층의 SCC (Supervisory Control Computer) 는 생산계획, 제품추적 보고, 생산품의 특성 데이터 입력 및 수정, 시스템 Set-up, 공정의 모델링과 모사 등 제품의 생산관리 및 최적화 기능을 담당하며, LAN 을 통해 하위계층의 라인 제어기나 계장 제어기로 적당한 preset 값들을 넘겨주고 공정데이터들을 feedback 받는다. 최근에 와서는 공장제어 계층 이하의 생산자동화 시스템에 기업의 경영 관리 및 사무관리를 business computer 인 MIS (Management Information System) 가 연결되는 총괄제어 시스템의 개념이 점차 도입되고 있다.

3. 전동기 그룹제어시스템의 설계

3.1 시스템 구성 및 기능

연속공정에서 사용되는 기계적인 구동장치들은 주로 다수의 다양한 전동기들로 이루어져 있으므로, 여러가지 종류 및 특성을 갖는 전동기의 그룹을 어떻게 잘 제어하는가 하는 것이 연속 공정 자동화에서 가장 중요한 문제가 된다. 이러한 관점에서 연속 공정 자동화를 위한 전동기 그룹제어시스템은 대체적으로 다음과 같은 5가지의 기능을

계층	명칭	기능분야	적용 Computer	구성제어시스템
4	총괄제어	경영관리 사무관리	Business Computer	MIS
3	공장제어	생산관리 최적화 보고	Mini-Computer	SCC
2	생산라인제어	설정치제어 계장제어 감시, 경보	Micro-Computer	DDC, DCS, OIU
1	단일기계제어	직접제어 자동순차제어	Micro-Computer	PLC, EPC

표 1. 연속 공정 자동화 시스템의 계층별 분류

요구한다.

- (1) 전동기 그룹에 대한 시스템 제어 기능
- (2) 다양한 종류 및 제어목적에 갖는 전동기의 드라이브 및 디지털 제어 기능
- (3) 전동기 그룹제어를 보조하는 아날로그 및 디지털 신호들의 대단위 입출력 기능
- (4) 연속 공정의 효과적인 감시 및 관리를 위한 칼라 그래픽 콘솔 기능
- (5) 실시간의 고속 원거리 데이터 통신 기능

본 연구에서는 이와같은 요구기능들을 만족시키는 전동기 그룹시스템에 대한 하드웨어를 그림 1과 같이 구성하였다. 즉, 전체 제어시스템을 크게 기능별로 분류하여 Multi-Function Controller (MFC), Flexible Motor Drive (FMD), Graphic Console and Simulator (GCS), Bulky Input/Output (BIO) 등 4개의 서브시스템으로 분산시키고, 각 서브시스템들 간에는 RS-485의 전기적 특성을 갖는 Field Bus를 연결하여 상호간의 데이터 통신 기능을 수행하게 하였다. 그림 1과 같이 제안된 전동기 그룹제어시스템의 Prototype에서 모든 서브시스템들은 MC68020 CPU 및 MC68881 Floating Point Coprocessor를 내장하고 VMEbus를 외부 인터페이스로 갖는 MVME133A-20 SBC (Single Board Computer)를 중심으로 하여, 기능에 따라 다양한 접속 가능한 아날로그/디지털 신호의 입출력 모듈들을 갖고 있으며, 서브시스템들 간의 통신은 VMEbus에 인터페이스되는 전담 프로세서 모듈 COM을 통해 이루어진다. 한편, GCS 서브시스템의 Graphic Console 기능은 MC68030 CPU를 갖는 MVME147 SBC와 Hard/Floppy Disk 등의 보조기억장치 및 칼라 그래픽 전용의 MVME393 그래픽 제어기 모듈을 사용하여 구현되었으며, MMI 수단으로 20" 칼라 모니터와 마우스 및 키보드가 제공된다.

3.2 기능블럭을 이용한 그래픽 제어 언어의 구현

컴퓨터에 사용되는 언어는 FORTRAN, PASCAL, C, Ada 등 여러가지 종류가 있으나 이는 범용의 언어로 사용 목적에 따라 서로간에 장단점을 갖는다. 시스템 제어분야에는 C-Language나 Ada가 매우 큰 장점을 갖고 있지만 현장의 engineer가 다루기에는 다소 학문적이며 구성된 하드

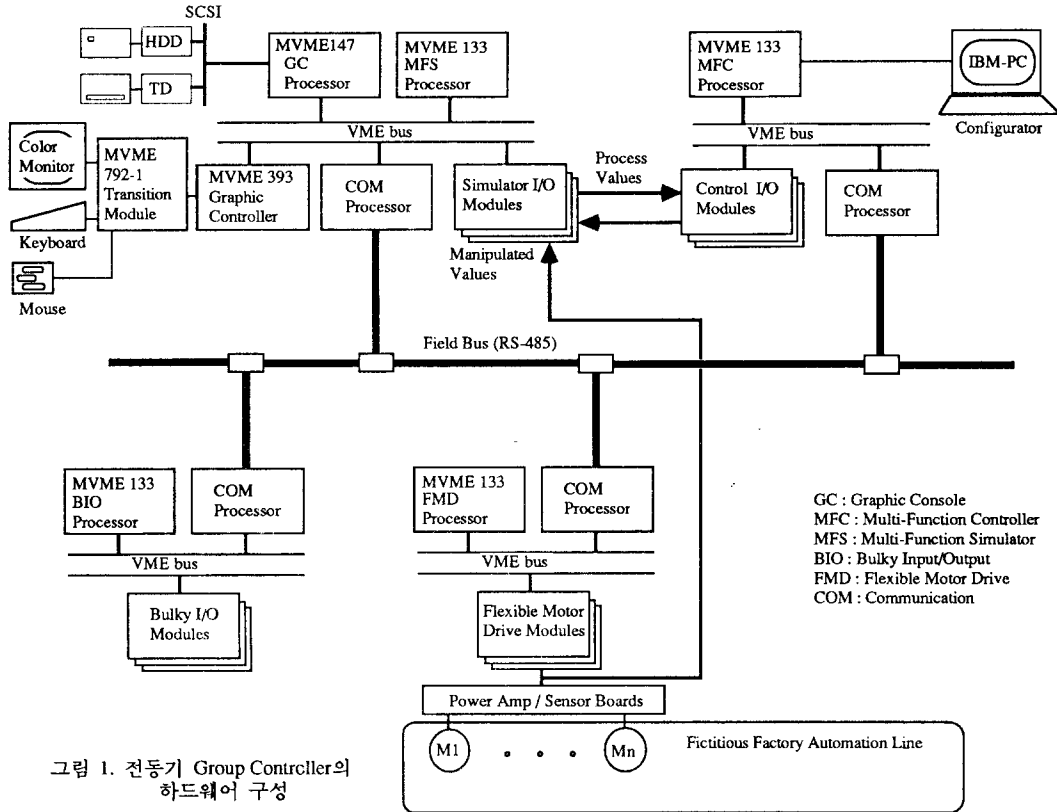


그림 1. 전동기 Group Controller의 하드웨어 구성

웨어를 구동시키기 위해서는 하드웨어의 특성을 일일히 파악하여야 하는 어려움이 있다. 이러한 관점에서 시스템 제어를 다루는 특수한 제어 언어들이 제어장치에서 제공되기 시작하였는데, 초반기에 IL (Instruction List) 나 ST (Structured Text) 등의 Text 언어에서 최근에는 LD (Ladder Diagram) 이나 FBD (Function Block Diagram) 등의 그래픽 언어들이 사용되고 있다. 본 논문에서는 이중 가장 진보된 언어인 FBD 언어를 채택하여 각 서브시스템의 제어 알고리즘을 구성 (configuration) 할 수 있도록 C-언어로 개발한 응용 프로그램들을 소개한다. 여기서 각 서브시스템을 위한 제어 알고리즘의 구성장치 (configurator) 로는 점차 소형, 경량화되고 있고 그래픽 메뉴 드라이브 기능이 좋은 IBM-PC 호환 기종으로 선정하였다. FBD 언어를 구현하기 위하여 선행되어야 할 일은 제어기능의 서브시스템들에서 다양하게 필요로 하는 기능코드 (function code) 를 결정하고 이에 관한입출력 신호와 파라미터 등의 데이터베이스를 만드는 것이다. 전동기 그룹 제어를 위하여 각 서브시스템들에서 필요로 하는 모든제어기능을 단일 출력의 블럭단위로 코드화하면 다음과 같이 5가지 부류중에 해당되는 50여개의 기능코드를 결정할 수 있다. [1]

- . 신호 입출력 부류 : 입출력 모듈에 따라 결정되는 각종 신호의 입출력
- . 수학 연산 부류 : 사칙 연산과 삼각함수 연산을 포함한 일반 수학 연산
- . 논리 연산 부류 : 시퀀스 제어에서 사용되는 ON/OFF

#### 신호의 논리 연산

- . 설정치 부류 : 아날로그 및 디지털 신호의 설정치 지정
- . 제어 연산 부류 : PID 제어, 디지털 필터등 디지털 제어에 필요한 각종 dynamic 연산

전동기 그룹제어시스템의 서브시스템들에서 필요로 하는 모든 제어기능은 전술한 기능코드들의 집합으로 이루어지며, 각 기능코드들에 대응되는 기능코드 데이터베이스는 firmware 로 ROM 에 내장되어 있다가 제어 알고리즘의 수행시에 기능호출 (function call) 된다.

그림 2는 전동기 그룹제어시스템의 제어 알고리즘을 CAD를 이용한 FBD 언어에 의해 구성하는 절차와 그에 사용되는 응용 프로그램을 나타낸 것이다. 제어 알고리즘은 FBD 언어에 의해 기능코드 단위의 블럭선도로 표시되는데, 제어 알고리즘내의 기능코드에 대응되는 단위블럭을 기능블럭 (Function Block) Primitive 라고 부르고, FBD 언어 구성을 기능블럭화일로 만드는 과정이 그림 2에서와 같이 IBM-PC configurator 내의 기능블럭 발생 프로그램에 의해 이루어진다. Configurator 는 이렇게 만들어진 여러 서브시스템들의 각종 제어 알고리즘을 기능블럭 화일의 형태로 내장하고 있다가, 공정의 특성에 맞는 화일을 각 서브시스템에 다운로드한다. 화일의 다운로드는 RS-232C 직렬포트를 통해 이루어지므로, 기능블럭의 내용은 ASCII 코드로 기능코드가 필요로 하는 모든 정보를 포함하도록 결정하였다. 다운로드된 기능블럭화일은 각 서브시스템의 변환기 (translator) 프로그램에 의해 프로세서가 쉽게 접근할 수 있

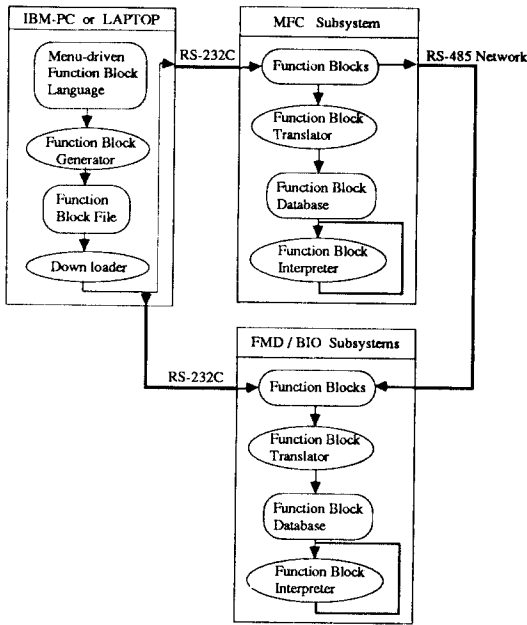


그림 2. 제어 알고리즘의 Configuration Procedure.

는 데이터 구조로 변환되어 기능블럭 데이터베이스를 형성하고, 샘플 주기마다 인터럽트에 의해 수행되는 해석기(interpreter) 프로그램은 기능블럭 데이터베이스내의 기능코드에 따라 해당 기능들을 반복적으로 수행한다. 한편, 서브시스템 프로세서의 main routine에서는 온라인 운전중, 변화하는 설정치 데이터, 다른 서브시스템에서 입수되는 공정의 데이터, configurator에서 변경되는 파라미터데이터 등, 3종류 데이터들을 데이터 링크를 통해 상호 교환하고 처리함으로써, 전체적으로 전동기 그룹제어시스템이 원활히 동작하게 하였다.

### 3.3 유연한 전동기 드라이브

각종 자동화기기의 구동원이 되는 전동기의 제어기술은 금속, 제지, 섬유, 압연공정등 연속가공을 중심으로 실현되어온 제조 산업 자동화의 핵심 요소기술이다. 연속가공 공정에서는 다양한 종류의 전동기가 여러가지 응용목적에 따라 사용되고 있다. 전동기구동 시스템의 요구기능이나 성능은 적용되는 용도마다 다르지만 일반적으로 다음의 두가지 특성을 필요로 한다.

첫째, 제어목적에 따라 유연성을 가지고 있어야 한다. 연속가공 공정에서는 응용 분야에 따라 신속하고 정확한 위치제어, 속도제어 그리고 토크제어를 요구하며 그에 따라서는 운전패턴에 따라 두 가지 이상의 제어기능이 하나의 구동시스템에서 필요한 경우도 있다. 토크제어의 경우 그 지령치는 실제적으로 위치, 속도, 장력, 압력 등을 제어하는 외부 제어루프에 의해 공급된다.

둘째, 소프트웨어 및 하드웨어의 간단한 변경에 의하여 여러가지 종류의 전동기를 구동할 수 있어야 한다. 현재 사용되고 있는 전동기는 아직까지는 DC전동기가 가장 많이 사용되고 있으나 기계적 정류자 때문에 최고 회전

속도가 3000rpm 정도로 제한되고 저속시의 순시토크량이 제한되며 정기적인 보수유지를 필요로 하는 단점이 있다. 근래들어 벡터제어기술과 반도체 소자의 발달에 힘입어 유도전동기, 동기전동기 등의 AC전동기로 DC전동기와 동등한 제어성능을 얻을 수 있게 되어 DC전동기는 점차 AC전동기로 대체되어 가는 추세에 있다.

최근 이러한 요구기능에 대응하기 위한 유연한 전동기 드라이브에 대한 연구가 시도되고 있는바[7][8], 본 논문에서는 전동기 그룹제어시스템의 한 부분으로 유연한 전동기 드라이브(FMD: Flexible Motor Drive) 서브시스템을 그림 3과 같은 하드웨어로 구성하였고, 제어 알고리즘을 전 절에서 기술한 FBD 언어로 구현하였다. 그림 3의 FMD 서브시스템에서 제어대상 전동기의 종류가 바뀌면, 드라이브단에 있는 power 모듈을 교체하고 FBD 언어에서 제공하는 다른 전동기에 대한 제어 알고리즘의 기능블럭화 일을 다운로드하여 제어 알고리즘을 수행함으로써 전체 제어시스템이 전동기의 종류 및 제어목적의 변경에 하드웨어의 큰 변경없이 유연하게 대처하도록 하였다.[11]

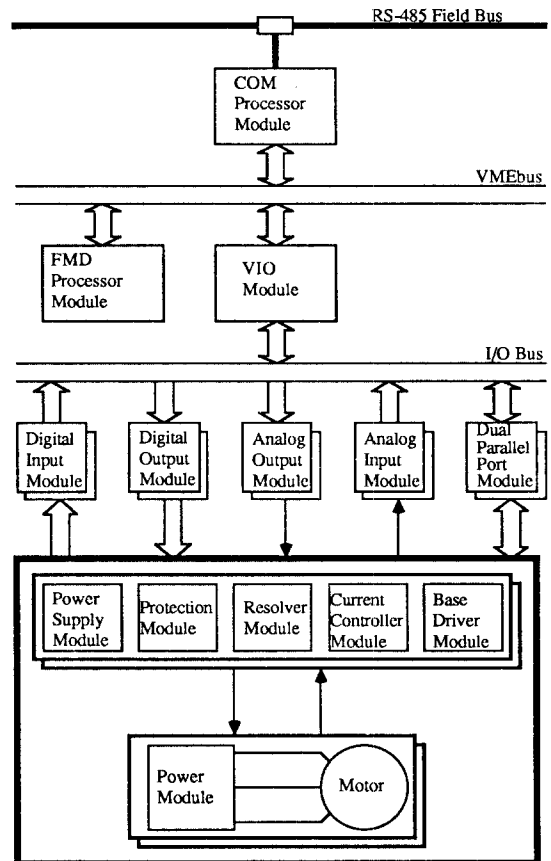


그림 3. FMD 서브시스템의 하드웨어 구성

전동기 그룹제어시스템에서 사용되는 AC 전동기의 제어방식으로는 벡터제어기술을 사용하여 DC 전동기와 동등한 제어 성능을 갖도록 하였다.[9] 이때, AC 전동기로는 유도전동기, 동기전동기, brushless DC 전동기 등이 사용될 수 있다. 한편, 전원모듈의 스위칭 소자로 트랜지스터

를 사용하여 제어계의 응답성이 빠르고 정도가 높도록 하였으며 전류의 크기와 위상을 신속하게 제어하기 위하여 전류제어 루프를 부가하였다. 전류 제어 방식으로는 hysteresis 제어방식을 사용하였는데 높은 스위칭 주파수에 의해 정확한 기준신호를 제공할 수 있다는 장점이 있는 반면 충분한 bandwidth 를 가진 전류측정기가 필요하고 높은 스위칭 주파수에서 스위칭손실이 크다는 단점이 있다.

### 3. 4. 그래픽 콘솔 시스템

그래픽 콘솔 시스템은 공정의 상태를 나타내는 동적인 데이터를 호출하여 모니터상에 그래픽으로 나타내어 주거나 모니터를 통하여 공정의 상태를 조작할 수 있도록 사용자 인터페이스를 제공하는 시스템이다.[10] 따라서 조작자는 방대한 계기판 대신 콘솔을 통해 미리 준비된 동적인 그래픽을 페이지별로 살펴봄으로서 이해하기 쉽게 되어 플랜트의 모든 조건하에서 최적의 방법으로 안전하고 신속한 판단을 내릴 수 있게 된다.

전동기 그룹제어시스템에서 사용되는 그래픽 콘솔 시스템은 연속공정 라인의 동작상태를 실시간으로 신속 정확하게 디스플레이하는 공정 모니터링기능 뿐만아니라 설정치를 지정하여 전체 제어시스템의 동작을 관리하는 관리제어 기능도 포함하고 있다. 즉, 전동기 드라이브 시스템이나 PLC 등과 데이터 링크를 통해 수시로 데이터 교환이 이루어지게 되므로, 그래픽 콘솔 시스템의 호환성은 데이터링크의 호환성에 의해 결정된다. 따라서 상용화된 프로세스컴퓨터 시스템의 사용자 인터페이스를 전동기 그룹제어시스템의 그래픽 콘솔로 사용하는 것은 상용시스템에서 사용하는 데이터링크가 표준화되어 있지 않아 전동기 그룹제어시스템 내부의 서브시스템들의 데이터링크와 호환성이 없다는 점에서 효과적이지 못하다. 본 논문에서는 전동기 그룹제어시스템내에서 MFC, FMD, BIO 등의 서브시스템들과 상호 데이터교환이 가능하도록 개발한 그래픽 콘솔 시스템을 소개한다.

그래픽 콘솔 시스템의 하드웨어는 그림 4와 같이 구성하였다. 주 컴퓨터로는 MC68030을 CPU로 갖고 디스크

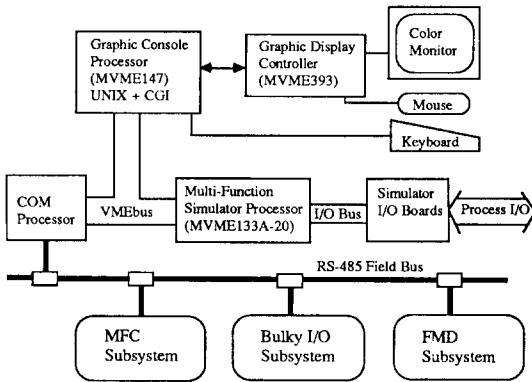


그림 4. GCS 서브시스템의 하드웨어 구성도

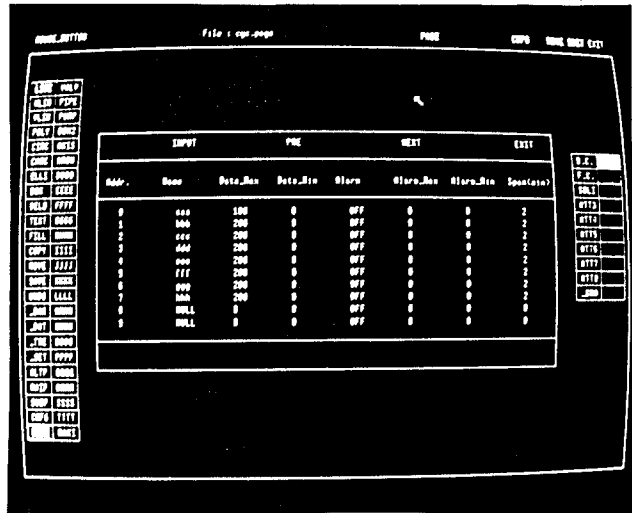


그림 6. 그래픽 편집기 화면

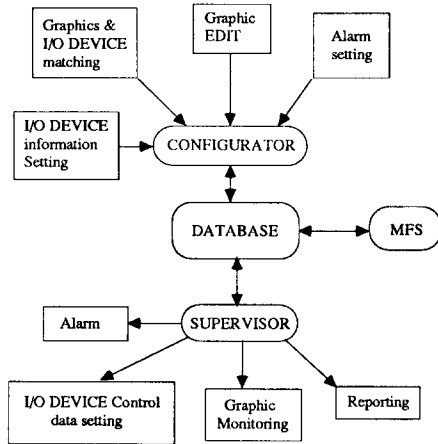


그림 5. GCS 서브시스템의 소프트웨어 구조

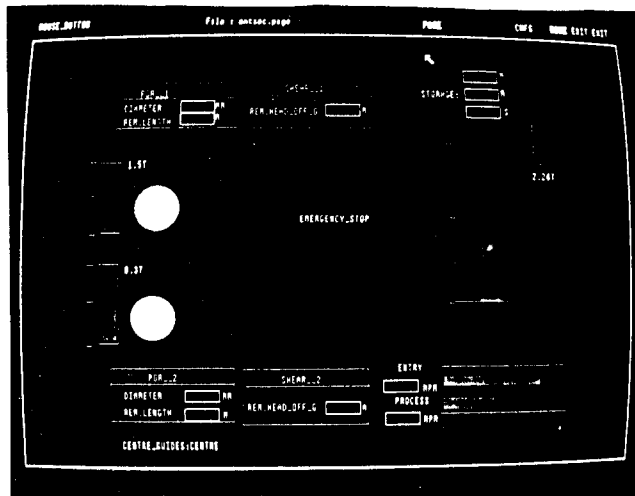


그림 7. 그래픽 모니터링 화면

장치들을 인터페이스하는 MVME147 SBC 시스템에 UNIX System V 운영체제를 탑재하여 사용하며, 그래픽 디스플레이 장치로는 MVME393 그래픽제어 프로세서 모듈과 20" 칼라 모니터를 기본 하드웨어로 하여 NOVA-CGI 그래픽 커널 패키지를 그래픽 라이브러리 소프트웨어로 탑재하였다.

한편, 데이터링크를 통한 데이터 통신 기능을 위하여 통신 프로세서를 VME bus 에 인터페이스 시키고, 통신 데이터 처리 및 공정의 시뮬레이션 기능을 위해 또 하나의 MVME133A-20 SBC 를 연결하였다. 따라서, 이렇게 구성된 그래픽 콘솔 시스템을 전동기 그룹제어시스템 내부에서는 GCS (Graphic Console and Simulator) 서브시스템으로 명명하였다.

GCS 서브시스템의 소프트웨어 구조는 그림 5와 같다. 그래픽 콘솔 시스템에서 사용되는 데이터베이스는 크게 정적(static) 데이터베이스와 동적(dynamic) 데이터베이스로 구분될 수 있다.[11] 정적 데이터베이스는 그림 5의 CONFIGURATOR 소프트웨어에서 그래픽 편집, 입출력 장치(공정정보)와 그래픽 정보간의 결합, 경보 설정 등의 과정을 거쳐 구축되는 그래픽 화면에 디스플레이할 배경화면 및 입출력 장치의 그래픽 정보등 변화하지 않는 데이터베이스를 말한다. 한편, 동적 데이터베이스는 그림 5의 MFS (Multi-Function Simulator) 프로세서에서 데이터링크나 입출력 장치로부터 입수하는 공정의 실시간 데이터베이스를 지칭한다. 이렇게 두 종류의 데이터베이스가 구축되면 SUPERVISOR 소프트웨어는 공정의 운전 상태를 실시간 그래픽 정보로 디스플레이하게 된다. 그림 6은 GCS 서브시스템에서 그래픽 편집기의 화면을 나타내고, 그림 7은 공정의 정보가 칼라 그래픽 모니터상에 애니메이션되는 결과를 나타낸 것이다.

### 3. 5. 실시간 통신을 위한 데이터링크

본 연구에서 개발한 전동기 그룹제어시스템은 그림 1과 같이 기능별로 MFC, FMD, BIO, GSC 등 4가지 종류의 서브시스템으로 구성되어 있어, 서브시스템 상호간의 데이터 교환은 RS-485 Field Bus 를 통해 이루어지도록 하였다. 따라서, 모든 서브시스템은 Field Bus 통신을 위하여 그림 8과 같이 구성되는 데이터링크의 하드웨어 (COM 프로세서 모듈)를 내장한다. 하드웨어를 제작하는데 있어서 통신 전담프로세서로는 원칩 마이크로컨트롤러 8031BH를 사용하였고, VME bus와의 인터페이스는 2KByte의 dual-port RAM 을 이용한 공유메모리를 통해 이루어지도록 하였다.

서브시스템들 간의 데이터 통신을 수행하는 Field bus 의 프로토콜은 표 2와 같은 사양을 갖도록 설계 구현하였다. 또한 데이터 전송을 위한 후레임(Frame) 포맷은 HDLC 후레임 포맷을 변형시켜 그림 9와 같이 정의 사용하였다. 그림에서 통신 목적지 주소(Communication Destination Address)는 정보를 전달받는 1byte의 field로 정보를 받아야 할 하드웨어를 enable 시킬 목적으로 가장 먼저 전달되며, Master 노드인 MFC는 주소 1이고 Slave 노드는 2부터 32까지의 주소를 기질 수 있다. 총 데이터 길이(Total Data Length)는 전체 후레임의 byte수를 나타내는 1byte의 field이고, Control Field는 정보 전달시 필요한 명령, 상태, 응답등

의 데이터형태를 나타내는 1byte의 field 이다. 후레임 포맷에서 통신 목적지주소와 데이터 목적지를 구분한 것은 실제 데이터 통신이 Master/Slave 간에 이루어지므로 한 Slave에서 다른 Slave로의 데이터 전송시에는 두개의 목적지 주소가 달라질 수 있기 때문이다. 전동기 그룹제어시스템에서 데이터링크를 통해 통신되는 데이터 종류는, (1)오프라인으로 전송되는 제어 알고리즘의 기능블럭파일, (2) Slave 서브시스템에서 사용되는 제어기의 설정치 데이터, (3)서브시스템에서 입수되는 공정의 실제 데이터, (4)Slave 서브시스템에서 온라인으로 변경되어야할 제어기 파라미터 데이터 등이다.

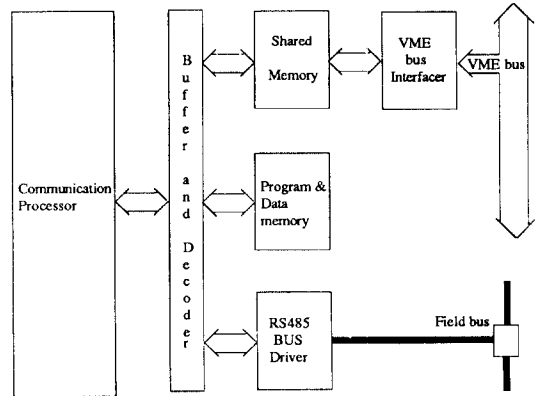


그림 8. 데이터 링크의 하드웨어 구성도

항 목	내 용
접속 노드 수	최대 32대
Network topology	Bus 방식
정보 교환 방식	N 대 N 임의 전송
통신 제어기 버스	VME bus
Access 방식	Polling 방식
전송 매체	Shield 된 Twisted pair line
노드간 거리	최대 1Km
전송 속도	187.5 Kbps
전송 수준	HDLC 방식 기준
전송 데이터 길이	최대 128 Bytes
Error 제어 방식	Checksum 방식
데이터 재송 기능	데이터 Error 및 Time - out시
Physical layer	RS - 485 Multi - drop 방식

표 2. Field Bus의 설계사양

Communication Destination Address	Total	Data Destination Address	Control Field	Source Address	Information		Frame Checksum
	Data Length				Data Length	Data	

그림 9. 데이터 링크의 Frame Format

#### 4. 결론

본 논문에서는 다수의 전동기들이 연동되어 제품을 생산해내는 석판, 강관, 압연, 제지등의 연속공정에 대한 자동화 시스템으로 전동기 그룹제어시스템의 구성 방안을 제안하였고, 구성 서브시스템들에 대한 하드웨어 및 소프트웨어의 개발 내용을 기술하였다. 개발된 전동기 그룹제어시스템에서 중요한 연구결과들을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 전동기 그룹제어시스템의 확장성 있는 하드웨어 및 소프트웨어 구조를 정립하였다.

둘째, 그래픽 제어 언어를 통해 전체 제어시스템의 제어 알고리즘을 프로그래밍할 수 있는 시스템 제어를 개발하였다.

셋째, 다양한 전동기를 다양한 제어목적에 하드웨어의 변경없이 적용할 수 있는 유연한 전용기 드라이브 및 제어를 개발하였다.

넷째, 공정을 효율적으로 감시할 수 있는 공정제어 그래픽 시스템을 개발하였다.

다섯째, 기능별 지역별로 분산화된 서브시스템들 간에 실시간 통신할 수 있는 데이터링크를 구축하였다.

본 논문에서와 같이 연속공정 자동화를 위한 전동기 그룹제어시스템의 세부기술 개발을 완료한 현 시점에서 실제공정을 고려한 다양한 제어 알고리즘을 추가 보완하고, 신뢰성과 유연성 및 범용성을 더욱 고려한 시스템 통합 실험을 보충한다면, 막바로 생산공정에 투입 응용될 수 있으리라 생각된다.

#### 참고문헌

- [1] 김광배 외, "공정자동화를 위한 전동기의 Group Control 기술 개발", 특정연구개발사업보고서, 과학기술처, 1990년 7월.
- [2] 김광배, 오상록, 조영조, 조창흠, "금속처리공장에서의 연속공정 제어기술", 전기학회지 제39권 6호, 1990년 6월.
- [3] 최동진 역, *계산기제어시스템*, 도서출판 세화, 1984년.
- [4] 조창흠, "금속공장에서의 자동제어시스템 응용", '90 로보틱스 및 자동화 연구회 워크샵 자료집, 1990년 3월.
- [5] 분산제어형 디지털 콘트롤 시스템 개설서, 일본 Reliance, 1985년 9월.
- [6] 권옥현, 변대규, "프로그래머블 콘트롤러", 전기학회지 제37권 4호, 1988년 4월.
- [7] 山崎和雄, "Flexible servo 용 ASIC 소자의 개발", pp. B2-2-1~9, '88 소형 motor 기술 심포지움, Tokyo, Japan.
- [8] 山崎和雄, "16비트 micro-controller를 이용한 flexible servo controller의 개발", pp. B1-3-1~7, '86 소형 motor 기술 심포지움, Tokyo, Japan.
- [9] D. W. Novotny, R.D. Lorentz, *Introduction to Field Orientation and High Performance AC Drives*, University of Wisconsin-Madison, 1985.
- [10] 정남규, "다중처리를 이용한 공정제어용 그래픽콘솔 시스템의 설계", 석사학위 논문, 한국항공대학 항공전자공학과, 1989년 12월.
- [11] 조영조, 김지홍, 김병국, 변증남, "다중 마이크로컴퓨터를 이용한 발전소 공정제어 그래픽시스템의 개발", 전기학회논문지 제38권 3호, 1989년 3월.