

E.I.C. 통합 기술 확보

김 성 환

(제철전기콘트롤주식회사 이사)

1. 서 론

최근 제조업계는 컴퓨터 응용기술의 비약적인 발전에 따라 생산성 향상 및 원가절감을 목적으로 하는 고도의 생산자동화가 요구되는 추세로 전개되고 있다.

당사 역시 대규모화, 다양화 및 고도화 시스템 사업이 요구되는 반면, 현 기술력으로는 외국에 의존치 않고는 불가능한 실정이다.

따라서 국제수준의 공장자동화 전문회사로 성장시

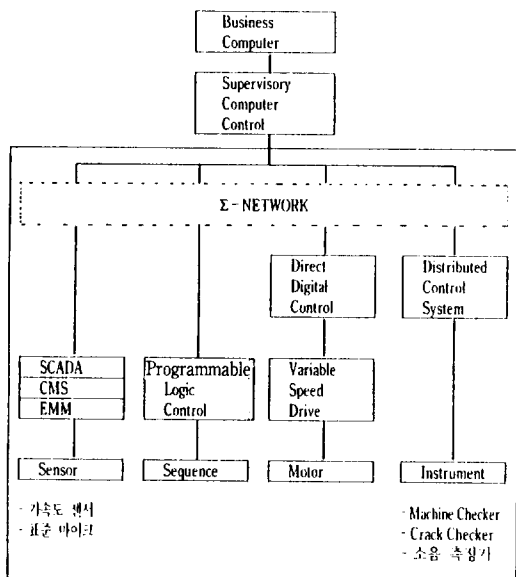
키기 위해서는 급변하는 자동화 기술에 대한 대응체제를 구축하여야 할 것이며, 기개발된 기술의 정립 및 신예화가 요구되며, 기술력을 집결하여 국제규격에 합당한 시스템 설계기술 및 관련 시스템에 대한 OS 및 HARDWARE의 자립기반 기술등의 확보가 시급한 실정으로 1988년부터 기본기술 확보가 본격화 되면서 1990년부터 E.I.C 통합기술을 확보하였다.

2. PLC(Programmable Logic Controller)

2.1 개요

PLC는 공장 자동화 및 생산 합리화의 핵심기기로써 국내 산업체에는 1970년대 후반부터 시스템 단위로 공급되기 시작한 이래 국내 일부 업체에서 일본과 미국업체 중심으로 1982년부터 완제품 수입 형태로 국내 공급이 본격화 되었다.

현재 몇몇 대기업은 기존의 단순 도입판매를 탈피하여 자체 모델 개발 및 선진 기업과의 기술 제휴에 의한 국산화 노력을 통하여 중·소형 PLC는 점차 국내시장에서 자리를 잡아가고 있다. TOTAL FA 및 CIM(Computer Integrated Manufacturing System : 컴퓨터 통합 생산 시스템)을 지향하는 중·대형 PLC는 대부분의 PLC 참여 업체들이 많은 연구개발비를 투입하고 있지만, 핵심 기술에 대한 벽이 너무 높아 자체 설계 능력이 초보단계를 벗어나지



입출력제어방식		Refresh방식	Refresh방식	Refresh방식
Program언어		Sequence전용언어 (Relay Symbol, Logic Symbolic언어)		
명령어	수	기본 : 21종 응용 : 110종	기본 : 21종 응용 : 110종	기본 : 21종 응용 : 121종
	실행속도	기본 (Sequence) 명령 수 μsec 응용 명령 수 $10\mu\text{sec}$	0.25 μsec 수 μsec	0.25 μsec 수 μsec
입출력접수		256점	512점	1024점
연산지연감시시간		Watch Dog Timer설정 (0~2000msec)		
Program Step수		8Ksteps	12Ksteps	16Ksteps
내부 Memory 용량		64Kbytes	128Kbytes	128Kbytes
Comment접수		최대 256점	최대 512점	최대 1024점
원격기동/정지		Remote RUN/STOP		
Battery Backup		내부Relay, 내부Register, Timer, Comment의 정전유지		

성능사양

형 명	PCPU-1A	PCPU-2A	PCPU-3A		
자기진단	연산지연감시, System ROM이상, HLS이상, RAM이상 Program ERROR, W.D.T Error, 연산 Error Unit조합 Error, Fuse단락 특수Unit Data Link 이상, 고속 Counter 이상				
Program Device	Bit Device	외부입력 (X)	256점	512점	1024점
		외부출력 (Y)	256점	512점	1024점
		내부Relay (R)	2048점	3840점	3840점
		특수Relay (R)	128점	256점	256점
		LinkRelay (R)	2048점	2048점	2048점
	Word Device	입력Relay (WX)	256WORD	512WORD	512WORD
		출력Relay (WY)	256WORD	512WORD	512WORD
		내부Relay (WR)	1024WORD	1792WORD	1792WORD
		특수Relay (WR)	256WORD	256WORD	256WORD
		Link Relay (WL)	256WORD	2048WORD	2048WORD
		COUNTER (C)	256점	512점	1024점
	Timer (T)	10msec	256점	256점	512점
		100msec	256점	256점	256점
		1s	256점	256점	256점

특수 Device	MasterContro (MC)	128점	128점	128점
	Label (LB)	128점	128점	128점
	정수	10진정수 (K)	(16Bit 명령) K-32768~K32767 (32Bit 명령) K-214783648~K214736847	
		10진정수 (H)	(16Bit 명령) H-0000~KFFFF (32Bit 명령) K-00000000~KFFFFFFF	
성능비교	Computer Data Link	0	0	0
	CPU Data Link	0	0	0
	Remote Data Link	0	0	0
	VMEbus Link	X	X	0

* 0 : Link가능, X : Link불가능

2.3 SEQUENCE PROGRAM 처리방법

2.3.1 제어방식

POSFA PLC의 연산처리 방법은 STORED PROGRAM으로 반복하여 연산을 계속하는 방식이다. 이 방식은 모든 SEQUENCE PROGRAM을 MEMORY (CPU SYSTEM RAM 영역)에 격납해 두고, SEQUENCE PROGRAM을 실행할 때는 PROGRAM의 맨앞 0 STEP부터 순번에 따라 행하고 최후의 명령(END OR ENDP)을 실행하면 다시 선두로 되돌아가 반복 실행하는 것이다. (반복연산방식)

명령의 실행이란 MEMORY에 격납되어 있는 SEQUENCE PROGRAM 중에 명령을 하나씩 FETCH하여 무슨 명령인지 판단한 다음 실제로 동작을 유발하는 것을 말한다.

그림에서 볼 수 있듯이 최초의 단계인 0 STEP에서 최후의 STEP(END)까지를 시행하는데 요하는 시간을 SCAN TIME이라 한다.

2.3.2 일출력 처리방법

POSFA PLC의 일출력 처리방법은 REFRESH방식을 사용하고 있다. REFRESH방식은 입력 단위의 변화를 매 SCAN실행전에 일괄하여 CPU MODULE의 입력용 DATA MEMORY에 집어 넣고 연산실행시 입력 DATA는 이 저장된 DATA를 사용한다. 또 연산처리 결과는 그때마다 출력용 DATA MEMORY에 출력하여 PROGRAM의 실행이 끝나면 출력 DATA MEMORY의 내용을 일괄하여 출력 UNIT에 출력한다.

2.4 PLC의 발전 방향

2.4.1 CIM에 대응하는 유연한 시스템 통합

PLC가 CIM에 대응하기 위해서는 유연성을 갖춘 표준화된 설계가 기본이다. 구성과 기능 및 INTERFACE에서 개방형 시스템 구조가 필수이며 설계, 검증 보수에서는 하드웨어와 소프트웨어가 엔지니어링 환경에 유기적으로 연결되어 있어야 한다. 이렇게 하므로써 사용자 요구에 부응하는 품질, COST, 남기에 유연하게 대처하고 최적의 SYSTEM을 적기에 실현시킬 수 있다.

2.4.2 국제 표준화 및 고기능화

국제 표준화된 통신규약으로 'MAP'이 채택되고 INTERFACE의 표준이 공개 되므로써 각 제조업체 별 PLC들간의 접속이 가능해질 전망이다. 이런 환

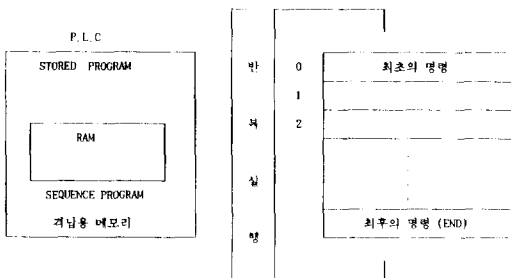


그림 2.2 STORED PROGRAM 반복연산

경에서는 신뢰성 고장진단 및 수복의 용이성, FIELD TRANS성, APPLICATION에 대응력의 향상이 필수적이다. 또한 표준화된 통신망으로 정보의 증대와 복잡화가 가중되어 PROCESS의 고속화를 요구하게 되므로써 ASIC에 의한 전용PROCESS나 다중PROCESS 방식의 도입도 검토되어야 한다. FUZZY제어 및 신경회로망 COMPUTER등 인공지능을 탑재한 고기능의 제품도 고려되어야 한다.

2.4.3 S/W ENGINEERING

PLC의 고기능화에 따른 고도의 제어와 정보처리를 위하여 S/W TOOL의 필요성이 증대되고 있다. 32BIT 퍼스날 컴퓨터나 고기능 워크스테이션의 출현으로 PLC와 이들 기기간의 S/W 호환을 위한 소프트웨어 엔지니어링이 검토되어야 한다.

3. DDC(Direct Digital Control)

3.1 개요

연속공정의 자동화 기술은 다수 전동기들의 연동을 위한 전동기 Group Control 기술을 핵심으로 하여, 연속공정의 제반 조건 및 흐름을 조절하는 시퀀스 제어기술 및 이동 메커니즘에 대하여 열처리 및 화학처리 등을 수행하는 계장 기술이 총체적으로 결합된 종합제어 기술이다. 따라서, 연속공정 자동화 시스템의 구축을 위해서는 전동기의 드라이브 및 제어기, PLC, DCS, MMI, 고속 데이터 링크 등에 대한 하드웨어와 소프트웨어의 설계 및 제작 등 요소 기술을 기반으로 하여 다양한 공정에 대한 제어 알고리즘의 설계 및 적용기술과 전체 시스템의 통합 commissioning 기술 등 응용기술이 요구된다.

현재 국내에서는 공장자동화 기술의 요소기술로 PLC 등 몇몇 단위 자동화 기기의 설계 및 제작에 주력하고 있으나 대부분 선진 외국업체들과의 기술 제휴로 완전한 기술자립을 이룩하지 못하는 실정이며, 특히 응용기술의 부재로 대규모 연속 공정 자동화 시스템은 거의 다양한 선진국 제품들의 종합 전시장이 되어 있다. 더욱이 자동화 시스템에 대한 충분한 이해없이 도입응용하고 있어 생산 라인의 변경 및 기존 라인과 유사한 공정에 응용하는 경우에도 막대한 로열티를 지불하고 있다.

보수 유지 또한 외국의 기술에 의존하고 있는 실정이다. 대부분 턴키 베이스로 공급된 국내의 연속 공정 자동화 시스템을 통해 몇몇 생산업체를 살펴보면, 일본의 Mitsubishi와 Hitachi, 미국의 Reliance, 프랑스의 Jeumont Schneider, 스웨덴의 ABB 등이 있으나 서로 거의 비슷한 개념으로 설계, 적용되어 있다.

당사는 한국과학기술연구원(KIST) 제어시스템 연구실과 공동으로 '90년부터 개발에 착수하여 '92년에 개발완료함으로써 대경특수강에 적용하고 있다.

3.2 내용

본 연구에서는 조사·분석·연구의 일환으로 실제 도입, 운전 중에 있는 석도금 라인 자동화 시스템에 대하여 그 구성 및 요소기술을 검토해 보았다.

도입 예 : 석도금 라인의 연속 공정 자동화 시스템

① 시스템의 구성

석도금 라인을 개괄적으로 나타내보면 그림 3.1과 같다. 이 연속공정의 흐름을 살펴보면, 크게 Entry Section과 Process Section 및 Exit Section으로, 순서에 따라 나누어 볼 수 있다. Entry Section에서는 Pay-Off Reel(POR)에 감겨 있는 철판을 풀어내되 다 풀어진다면 그 끝단과 다른 POR 내의 철판 시작단을 Welder로 연결하게 되는데, 용접시 Process Section에서의 철판의 흐름에 지장을 주지 않도록 용접하지 않을 동안 Entry Loop Tower에 철판을 저장한다. Process Section에서는 철판이 도금용액 내를 적당한 속도로 통과하면서 도금이 이루어지는데, 이때 도금의 두께는 도금 전극의 전류와 철판 속도에 의해 결정된다. 도금이 끝난 철판은 Exit Section에서 Tension Reel에 저장되거나 Shearing Line에서 적당한 크기의 철판으로 분류 저장된다.

그림 3.1과 같은 석도금 라인은 라인 속도가 Entry/Exit Section에서 약 400m/min, Process Section에서 약 300m/min 정도이고, 전체라인 제어에 사용되는 DC 모터가 약 100여개로 이중 정밀 제어를 요하는 모터는 20여개이며, 그의 센서나 액추에이터를 위한 I/O 수가 수천 개에 이르는 대규모 시스템이다. 이러한 연속공정에 대한 자동화 시스템은 그림 3.2와 같은 계층구조의 분산제어 시스템으로 구현되어 있다. 그림의 석도금 공정 자동화 시스템

LCU: Line Control Unit (회전제어 유닛)
MMI: Man Machine Interface (맨 머신 인터페이스)

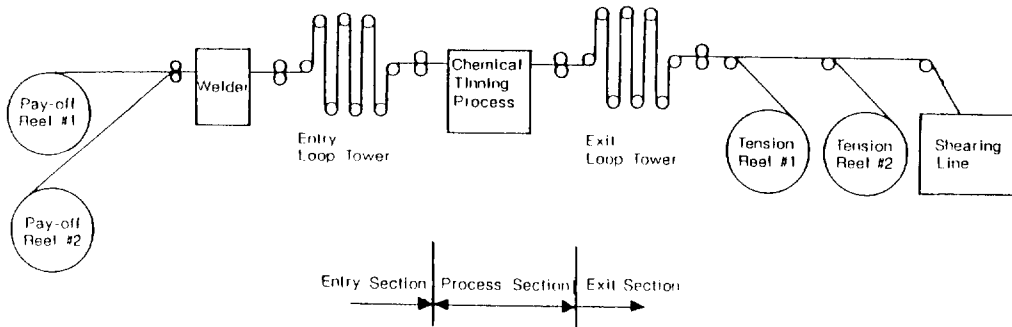


그림 3.1 석도금 공정도

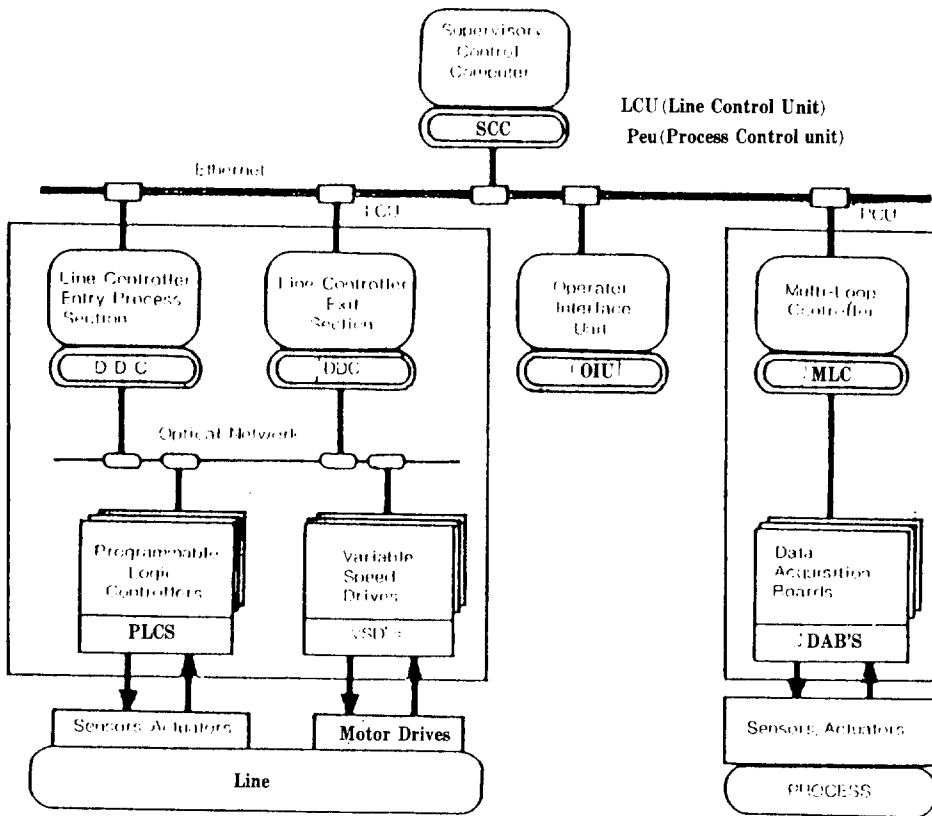


그림 3.2 석도금 라인의 연속 공정 자동화 시스템

의 중간계층은 라인의 속도나 철판의 장력 등 주로 빠른 응답의 기계적인 제어를 담당하는 LCU와 MMI를 담당하는 OIU 및 도금액의 농도나 수위 조절 기능 및 비교적 느린 응답의 화학공정 제어를 담

당하는 PCU로 크게 나눌 수 있다. 이 각각의 유닛들에 대한 요소 기술을 살펴보면 다음과 같다.

② Line Control Unit (LCU)

라인 제어기는 DDC나 Local Terminal로부터 전

체라인의 속도나 제품의 특성 데이터 등 프리셋 값들을 입력 받아 여러가지 제어 입출력 조건에 따라 VSD에 전동기의 속도나 전류 등의 설정값을 내려 주거나 PLC에 조건 데이터를 넘겨 주는 전체 공정상 가장 중요한 역할을 담당한다.

여기서 처리하는 데이터들은 주로 기계운전에 관한 것이므로 50ms 이내의 매우 빠른 응답성을 요하며 job의 종류도 아주 다양하게 된다. 따라서 통상 16bit 이상의 멀티 태스킹이 가능한 마이크로 프로세서 보드를 중심으로, 상하위 계층과의 실시간 네트워크 보드, 중요 부분의 신호 입출력을 위한 data acquisition board 및 MMI를 위한 컬러 그래픽 디스플레이 장치 등으로 구성되며 고신뢰성을 위해 이중화 구조를 채택하는 경우도 있다.

DDC와 하부구조의 PLC 및 VSD와의 데이터 링크는 신호잡음에 강한 광 파이버나 twisted-pair line 또는 동축 케이블을 사용하며 프로토콜은 실시간 통신이 가능하도록 충분히 빠르다.

현재 사용중인 데이터 링크는 대개 RS-485의 전기적 특성을 갖는 필드 버스의 일종인데 장치 mini-MAP이나 광 MAP으로도 대체 가능할 것으로 보인다.

식도금 라인의 LCU에서는 약 수천점의 입출력 접점 처리가 가능하도록 중대형 PLC가 2~3대 사용되며, 수십대의 정밀제어를 요하는 D.C 전동기들은 VSD에서 디지털 제어된다. 따라서, 이 부분에서는 DDC와 PLC 및 VSD의 하드웨어와 소프트웨어 기술과 실시간 데이터 링크를 통한 시스템 통합기술이 필수적인 요소 기술이다.

③ Operator Interface Unit(OIU)

운전자로 하여금 전체 공정의 상태를 손쉽게 파악할 수 있도록 컬러그래픽 디스플레이를 제공하는 OIU는 석도금 공정의 경우 4대 정도 존재하는데, 한 OIU당 1-2개의 20"컬러 CRT와 프린터 등이 연결되어 공정의 데이터를 메뉴에 따라 디스플레이한다. 이 부분의 요소기술은 LAN을 통한 공정 데이터의 수집관리 및 메뉴에 따른 그래픽 화면 편집과 실행기능의 소프트웨어 기술이다.

④ Process Control Unit(PCU)

PCU는 다중 루프 제어기(MLC)와 그래픽 디스플레이 장치 및 아날로그 신호를 중심으로 한 각종 신호 입출력 장치들로 구성되며, 전력 플랜트나 화공

정 제어에서 DCS로 알려진 부분이다. 적용 공정은 대체로 수학적 모델이 잘 갖추어진 다중 루프 프로세스이므로 PID 제어는 물론 현대 제어 이론들이 적용 가능하나 유량, 농도, 온도, 수위 등을 조절하므로 PCU의 응답속도는 LCU에 비교하여 매우 느리다. 한편, 주로 루프제어를 담당하므로 공정 데이터의 그래프 처리 기능을 포함한 MMI기능이 잘 발달되어 있다.

DCS에서의 하드웨어는 모듈화되어 대규모 시스템에 확장 적용할 수 있고, PLC에 비교하여 약점이던 제어 언어도 최근 CAD를 이용한 편성 블록 랭기지(Function Block Language)가 개발 적용되고 있지만, 제작 업체마다 고유 모델과 고유 통신 프로토콜을 갖고 있기 때문에 제품의 호환성이 없으므로 터키 베이스로 도입 사용되고 있으며, SCC와 OIU 및 LCU와의 통신을 위하여 통상 이서넷을 사용하고 있다.

3.3 대상공정 및 적용범위

본 연구개발 과제인 MFC가 대상으로 하는 공정은 개별 제어 또는 연동 제어되는 다수의 전동기를 사용하여 연속적으로 제품을 생산해내는 연속공정이다. 제철공장의 냉간, 열간 압연공정이나 강관공정, 금속공장의 도금공정, 제지공정의 초지공정 등이 이러한 연속공정의 대표적인 예에 속하는데, 이들 공정을 위한 자동화 시스템은 다수의 전동기에 대한 속도제어 및 토크제어, 제품의 장력제어 및 위치제어 등 복합적인 기계 자동화 기능을 중심으로 세척, 도금, 탈수, 회석 등의 제장제어 기능이 가미된 독특한 형태를 취한다.

그림 3.2는 연속공정 자동화 시스템의 전형적인 구조를 도시한 것으로, 앞에서 기술한 바의 기계자동화 기능은 LCU에, 기능은 상용화된 DCS를 지칭하는 PCU에 구현되며, 이 외에 전체 자동화 시스템의 관리제어는 중형 컴퓨터인 SCC에서 담당하고, 공정 모니터링 기능을 위하여 OIU가 상위의 컴퓨터 네트워크에 연결된다. 특히, LCU의 경우, 전동기들의 직접제어를 담당하는 VSD와 순차제어용 PLC가 공정에 직접 맞물려 있고, 라인 제어기 DDC가 SCC나 로컬 터미널로부터 전체라인의 속도나 제품의 특성 데이터 등 프리셋 값을 입력받아 여러가지 제어

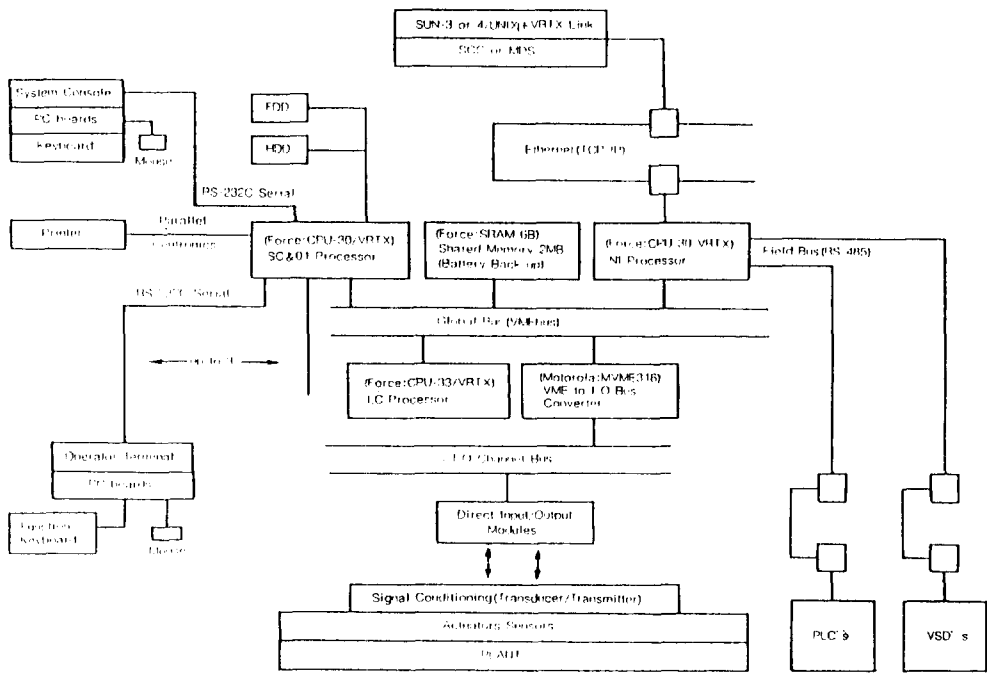


그림 3.3 MFC의 구성

입출력 조건에 따라 EPC에 진동기의 속도나 전류 등의 설정값을 내려주는 기능을 수행한다.

현재 상용화된 연속공정 자동화 시스템의 구성요소로 PCU를 위한 계장제어용 DCS와 순차제어용 PLC 및 진동기 디지털 제어용 VSD 등은 여러 전문 생산 업체를 통해 다양하게 보급되어 있으나, 전체 시스템에서 가장 중요한 역할을 담당하는 라인제어기 DDC는 소수의 업체에서만 단일 상품으로 생산해 낼 뿐 거의 단일 보드들의 조합으로 구현되고 있다.

따라서, 본 연구과제에서는 라인제어기 DDC의 기능을 개방형 구조를 갖는 확장성 있는 여러 보드들의 조합으로 구현하되, 라인제어 알고리즘의 작성 및 수행이 간편하고 사용자 인터페이스 기능을 더욱 강화시킨 MFC를 개발하고자 한다.

3.4 MFC의 요구기능

연속공정 자동화 시스템 중에서 라인 제어의 중간 계층 제어기로서 MFC에는 다음과 같은 기능들이 기본적으로 요구된다.

① 최대 200HP급 5~10set의 DC진동기에 대하여

속도 및 전류 제어가 가능한 진동기 드라이브 및 디지털 제어기 VSD가 통신 네트워크로 연결되어 있을 때 진동기들을 동작 모드에 따라 개별 제어 또는 연동 제어를 위한 설정값들을 제공한다.

② 500~1000 점점 정도의 처리가 가능한 PLC가 통신 네트워크로 연결되어 있을 때 각종 제어의 입출력 조건을 설정한다.

③ 이서넷을 통해 SCC로부터 또는 오퍼레이터 터미널로부터 전체라인의 속도나 제품의 특성 데이터 등 프리셋 값들을 받아 VSD나 PLC에 적당한 지령값으로 환산하여 데이터를 전송한다.

④ 진동기로부터 펄스 입력을 받아들이거나 중요한 루프제어 연산 기능 등을 수행하기 위하여 수십 점 정도의 아날로그/디지털 입출력 모듈들을 직접 구동한다.

⑤ 라인제어 알고리즘의 작성은 시스템 콘솔에서 Menu-Driven Function Block-Diagram Language를 통해 수행한다.

⑥ 2대 이상의 오퍼레이터 터미널을 부착하여 공정의 동작상태를 모니터링하거나 필요한 경우 각종 제어의 설정값을 입력한다.

3.5 결론

MFC(Multi Function Controller) 시스템은 ISO에서 제시하는 FA 모델 중 생산 라인을 직접 제어하는 셀 레벨의 컴퓨터 컨트롤 시스템이다. MFC 시스템의 특징을 간략하게 정리해 보면 다음과 같다.

① 모든 소프트웨어는 Motorola계열의 68030을 내장한 SBC(Single Board Computer)상에서 리얼타임으로 구현되었다. 이를 위하여 리얼타임 멀티태스킹 오퍼레이팅 시스템인 VRTX를 사용하였다. 이는 기존의 MS-DOS나 UNIX OS와는 비교가 되지 않을 정도로 우수한 시스템 퍼포먼스를 제공한다.

② EIC 통합회(Total Integration of Electrical, Instrumentation, Control)을 위한 개방형 구조를 채용하여 시스템의 유연성 및 통합성을 최대화하였다.

③ 표준 버스인 VME bus 상에 고성능 SBC를 기능별로 분산시킨 멀티프로세서 시스템을 구성함으로써 모듈화 및 확장성을 극대화하였다.

④ 시스템의 모든 동작, 즉 시스템 구성, I/O 구성, 운전, 정지, 실시간 모니터링 등을 오퍼레이터가 단지 메뉴를 선택하여 조작할 수 있도록 CAD를 이용한 full graphic menu driven user interface를 실현하여 효과적이고 편리한 MMI를 제공한다.

⑤ 전체 시스템의 모든 자원을 관리 감독하는 SC & OI 서브 시스템을 두어 시스템 컨트롤, 메뉴 드라이브, 모니터링, OP 터미널과의 인터페이스 및 데이터 베이스를 관리하도록 하였다.

⑥ 종전의 제어용 언어인 래더 다이어그램, mnemonic language 등의 단점을 모두 없애고 손쉽게 제어 알고리즘을 프로그램할 수 있는 평선 블록 다이어그램 랭귀지를 개발하고 프로그래밍을 위한 각종 툴, 즉 에디터, 컴파일러, 디버거 등을 개발하였다.

⑦ 리얼타임으로 처리되는 다양한 라인 제어 알고리즘을 라이브러리화하여 여러 대의 모터를 연동하여 동시에 제어하는 등 복잡하면서도 속응성을 요하는 각종 연속공정에 적용할 수 있을 뿐만 아니라 플랜트에서 입출력되는 중요한 신호는 직접 구동할 수 있도록 Direct I/O 처리 기능이 있다.

⑧ 계층화, 분산화된 시스템에서 가장 중요한 기능인 데이터 커뮤니케이션을 위하여 MFC는 상위의 SCC(Supervisory Control Computer)와는 이서넷,

하위의 PLC와 VSD와는 필드 버스를 구현하여 상하위 디바이스들과의 완벽한 리얼타임 네트워크 인터페이스를 제공한다.

지금까지 공장자동화 모델에서 여러 대의 시퀀스 컨트롤러, 모터 컨트롤러를 총괄하여 제어하는 셀 레벨의 MFC에 대하여 살펴 보았다.

MFC는 범용성을 위하여 특히 유연성, 확장성, 모듈화 등을 강조한바, 작게는 소규모의 셀 컨트롤러에서부터 크게는 대규모 프로세서를 제어하는 DDC(Direct Digital Control) 시스템까지 거의 모든 연속공정에 적용할 수 있다. 지면 관계상 자세히 언급할 수 없으나 크게 보면 앞으로 공장자동화 시스템의 추세는 3C, 즉 Computer, Control, Communication의 세가지 요소를 근간으로 계속 발전해 나갈 것으로 보이며 이때 특히 강조되는 내용은 다음과 같다.

- 계층화, 분산화로 기능은 분산, 데이터는 집중
- 맨 머신 인터페이스의 강화
- 네트워크 인터페이스를 위한 표준화

4. DCS(Distributed Control System)

4.1 차세대 DCS의 표준화 경향

차세대 DCS는 산업표준(Industry Standard)의 개방형 구조(Open Architecture)에 입각한 Open System이어야 한다. 이것은 Software와 Hardware를 망라한 업계 표준에 따른 System의 구성 체계를 가져야 하고 Third Party vender들에 의한 기술적 진보 및 지원이 지속적으로 이루어져야 한다.

Open System의 개념은 표준기술에 대한 내용이 공개되어 있어야 함과 동시에 풍부한 Software 및 Hardware Library를 향후 계속하여 갖추어야 한다.

점차 Database의 공유를 통한 기업정보의 활용이 일반화되면서 DCS가 상위 Computer와 연계되는 것은 System 적용의 필수적 요소로 되었다. 이것은 DCS가 가능한 표준 Protocol에 의한 통신을 지원하는 방향으로 작용하고 있으며 이에 따라 기존 업체들도 Ethernet를 점차 채택해 나가고 있다. 특히 표준 O/S로 UNIX가 자리를 잡아감에 따라 TCP/IP Protocol을 채택하는 경우가 늘어나고 있다.

보다 강력한 MMI(Man-Machine Interface)를 요

구하며 Application 적용을 쉽고 빠르게 지원하기 위하여 차세대 DCS는 모든 User의 조업 및 Configuration Data의 입력, 변환을 모두 Menu방식으로 가능하게 하여야 하며 또한 단순히 Operator의 Keyboard에만 의존하지 않고 Mouse(Track Ball)에 의한 작업도 가능하게 하여야 한다. 모든 Graph로 관련 작업의 CAD Style Tool에 의하여 지원되어야 한다. 이에 따라 X-Window를 표준 GUI(Graphic User Interface)로 채택하여 공정 Graphic 작성을 위한 보다 강력한 Graphic Tool을 동시에 사용하는 추세에 있다.

한편, 국내분산제어시스템은 하니웰, 요꾸가와 등과 같은 외국회사의 기술에 의존하고 있었으나, 당사는 '89년부터 당사의 기술경험을 바탕으로 포항공대, 산업과학기술연구원 및 미국의 우수계장전문 회사와 공동개발하였다.

4.2 SYSTEM의 구성 및 기본사양

DCS를 구성하기 위한 기본단위로서의 기본 System구성(Basic System Configuration)은 그림에 나타내었다.

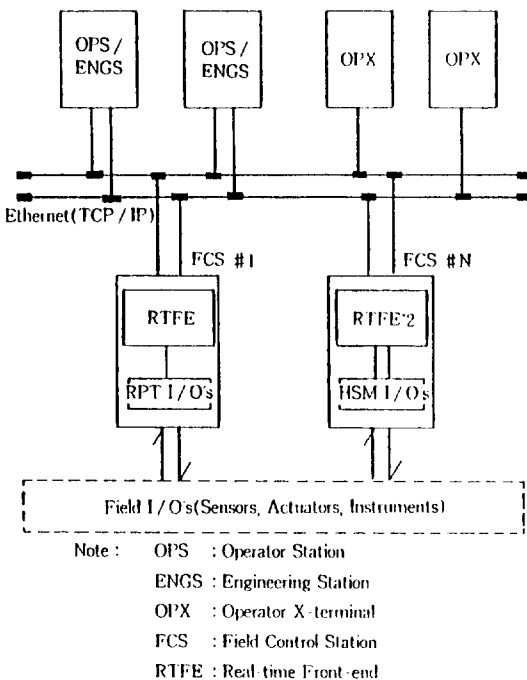


그림 4.1 Basic System Configuration

감시, 제어에 관한 MMI를 지원하는 Operation Engineering Station(OPS/ENG)과 Field I/O를 직접 감시, 제어하는 Field Control Station(FCS)로 구성이 되어 있으며, 추가적으로 PLC나 SCC와의 통신을 위한 Gateway가 확장될 수 있다.

Operator Station(OPS) 및 Engineering Station(ENG)은 동일한 Workstation을 이용하여 감시, 제어 및 System Database Building 작업을 동시에 가능하도록 되어 있다. OPS 및 ENG에 의한 작업 전환 및 Data설정 가능여부는 다단계 비밀번호(Password) 보호에 의하여 제한이 되도록 되어 있다.

Engineering 관련 작업만을 위한 별도의 Workstation은 두지 않는다.

Operator X-Terminal(OPX)은 Ethernet 및 X-Terminal 지원 Protocol 통신을 이용하여 OPS/ENG와 동일한 감시, 제어 및 System Database Building 작업을 할 수 있다. 모든 OPS/ENG 및 OPX는 기본 GUI(Graphic User Interface)로 X-Window System을 지원하여 고해상도의 Graphic 화면처리가 가능하고 산업 표준의 감시, 조작 Menu 화면을 구현한다. 두대의 OPS/ENG가 System 내부적으로 동일한 Database를 유지하도록 연결되어 Duplex System 구조에 의한 System 이중화(System Redundancy)로 전체 System의 신뢰도를 높인다.

Field Control Station(FCS)은 Field I/O의 각종 실시간(Real-Time)처리를 관장하는 CPU(RTFE: Real-Time Front-End)가 존재하며 DCS분야의 각종 Application을 처리하기 위한 많은 감시, 제어 기능을 처리하며 주요 기능으로는 아래와 같은 것들이 있다.

- I/O Scanning
- Digital Filtering
- Engineering Unit Conversion
- Sequence of Events
- Operating Limit Check and Alarming
- Complex Calculations
- Closed Loop Control(PID Loop)
- User Defined Function Block
- FCS support 48 Basic Database Functions
- Delta Counts Exception Processing
- Networking to the Industry Standard LAN

—Data Server Capability

4.3 OACIS-6000 SYSTEM의 구성

4.3.1 SYSTEM CONCEPT

- 1) Open System
System based on Industry Standard
System based on Industry Standard Development Tools
- 2) Open Network
Based on Ethernet(IEEE802.3, CSMA/CD)
Network based on Open Protocol(TCP/IP Protocol)
Support Gateway to Other Protocol System
- 3) Configuration System
Direct Programming → User Configuration DataBase
Object Oriented Programming(C++)
CASE Oriented System Integration
Speed-up System Development
Reduce Software Maintenance
Easy to Modification
- 4) Scalable System
Dynamically allocated System DataBase
DataBase Reconfiguration based on Application
Flexible Size Change of System DataBase
Software Limitation → Hardware Limitation

4.3.2 SYSTEM SOFTWARE

- 1) Field Control Station
—Monitor & Control Field I/O's
- 2) System Control
—Non-DataBase, System Startup & Shutdown
Non-DataBase, System Configuration
- 3) Manager/Dispatcher
—Heart of Data Management System
- 4) Keys Task
- 5) Real Time Trend
- 6) Historical Trend
- 7) Graphics Task
- 8) Alarm/Event Handler
- 9) Query/Report Generator
- 10) Ingres RDMS

4.3.3 신호장치

- 1) Operation & Monitoring
- 2) Process Report
—Instruments status reports(20/pages)
—Sequence element report(1024/pages)
- 3) Maximum Tag Points
—More than 16,000 Tag Points/System
Limited by OPS Main Memory Size
- 4) Basic Display Units
—4 Display Unit/System
2 DISPLAY Units from Redundancy System
2 Display Units from X-Terminal
- 5) Maximum Stations
—16 Stations(Basic Configuration)
- 6) Trend Graph
—Real-Time Trend
Total Tag Number : Not Limited
- 7) Graphic Displays
—Total Screen Number : Not Limited
—Active Point/Screen : 512 Points

4.3.4 Field Control

- 1) Main CPU
—Motolora 68020(16 or 25MHz)
—68881 Floating Point Coprocessor
- 2) Memory
—256 Kbytes ROM
ASCII DB Compiler(Generate Run-Time Exec Code)
- 3) Ethernet Controller
—68020 16MHz
—256 Kbytes ROM
- 4) RIP I/O Point per One IOBC
—2048 Digital I/O(2048 * 3=6144 per one FCS)
—986 Analog Input(960 * 3=2880 per one FCS)
—512 Analog Output(512 * 3=1536 per one FCS)
- 5) HSM I/O Point per One IOBC
—4096 Digital Input & output
—2048 Analog Input
—512 Analog Output

4.3.5 Field Control Software 사양

- 1) Scan rate : 1ms(10ms) to 1/2sec

2) Sampling Rate

—Actual data gathering rate from field I/O or calculation records

3) On-line Alarm Enables & Limits Change

4) On-line DataBase Change

5) On-line Sensor Actuator Change

6) On-line Analog to Digital Calibration

7) On-line Analog to Digital calibration

—Gain and offset correction for digital & analog loopback calibration card from the host computer dynamically(may be provide with an optional card)

4.4 결론

기존의 전문 DCS Maker들이나 새로이 이분야에 참여하고 있는 System Integrator들은 모두 자사 DCS의 CIM과의 연계가능 또는 CIM을 지향한 System이라는 것을 강조하고 있는 추세이다.

기업활동의 목표가 해당분야의 전략적 우위를 확보하는 것이고 이에는 기업정보관리의 신속하고 정확한 수집, 분석이 필수적이므로 실제 공정을 감시 제어하고 있는 DCS의 Database가 예외가 될수 없다. 그러나 DCS의 주 적용목적이 공정의 감시, 제어에 있는 만큼 일반 SCC나 Business Computer가 행하여 오던 일을 DCS에 모두 수용하는 것은 무리가 있다.

중요한 것은 이제는 DCS의 공급자가 DCS뿐만 아니라 CIM으로의 기반구축을 위한 종합기업 정보구축에도 동일한 관심을 두어야 하며 궁극적으로는 FA의 Total Solution을 제공하여야 하는 것이다.

5. 압연용 DIGITAL CONVERTER 제어 시스템

5.1 서론

제철산업에서 광범위하게 사용되고 있는 DC전동기 제어장치는 상위 Host computer 및 제어장치 상호간이 Networking 되어 여러대의 전동기를 연동운전 하여야 하는것이 필수적이다. 또한 원활한 유지 보수 및 운전을 위한 MMI(Man machine inter-

face)기능, 제철 Process에 필요한 각종 보조제어기능을 가져야 하며, 무엇보다도 제품의 품질 향상을 위해 고성능, 고신뢰성이여야 한다.

이러한 고급의 DC 전동기 제어장치는 아직도 대부분 수입에 의존하고 있어서 기간산업의 대외 의존도를 심화시키고 있는 실정으로 국산화가 절실히 요구되어져 왔다.

당사는 전류 Reference의 Step 변화에 대해 전동기 실제전류가 2.77[msec]안에 Over-shoot없이 Reference를 추종하는 예측전류제어방식의 고성능 DC전동기 제어장치를 서울대학교 전력전자연구실과 공동으로 개발하였다. 이러한 예측전류 방식의 DC 전동기 제어장치를 공동으로 개발하였다. 이러한 예측전류 방식의 DC전동기 제어장치는 선진국에서도 최근에 상품화한 것으로 기존의 PI전류제어방식의 제어정치보다 성능면에서 매우 뛰어나며 PI제어에서와 같은 Gain조정이 필요없다는 장점을 가지고 있다.

당사가 국내에서는 처음으로 상품화에 성공한 예측전류제어방식의 DC 전동기 제어장치는 전용의 상위 Computer인 POSTAR(당사 제품)및 범용의 IBM PC와의 통신기능은 물론 Load-balancing, Droop등의 제철 Process에 필요한 각종 보조제어기능을 가지고 있는 다기능, 고성능의 제어장치로, 80여대의 DC 전동기(최대 1750[HP])가 연동운전되어야 하는 대경특수강 BAR MILL 제어 Line에 설치할 예정이다. 앞으로 전동기 제어 관련분야의 대외 의존도 개선은 물론, 향후 제철 Plant의 해외 수출에도 큰 기여가 있으리라고 기대된다.

5.2 제어 SYSTEM의 구성 및 특징

그림 5.1은 개발된 제어시스템의 구성도이다. 부동소숫점 연산 전용의 32bit DSP(Digital Signal Processor)를 사용하여 각종 제어 연산에서 THYRISTOR GATING 신호발생까지 모두 SOFTWARE로 처리되는 완전한 DIGITAL 제어 시스템이다. 메모리는 Program 저장을 위한 EPROM(32K*32BIT), 각종 제어정수의 저장을 위한 EEPROM(2K*8BIT), Trace data의 저장을 위한 SRAM(32K*32BIT) 그리고 상위 Host Computer 및 제어장

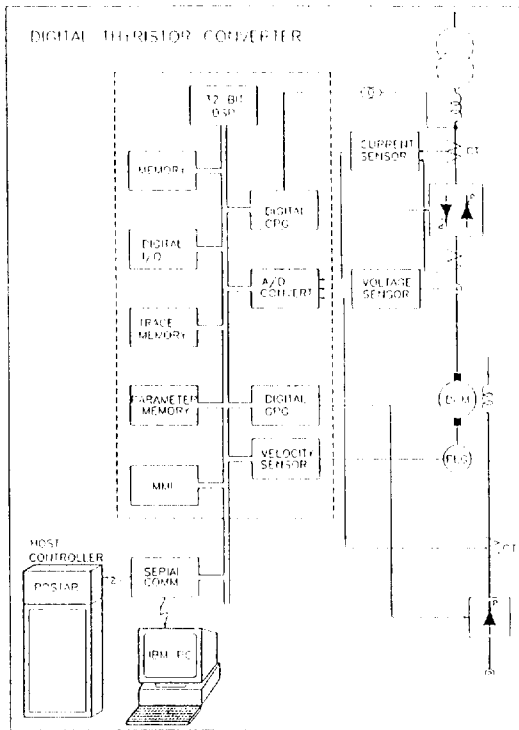


그림 5.1 제어 시스템 구성

치 상호간 통신을 위한 DPRAM(4K*8BIT)로 구성되어 있다. 23 Channel의 Digital I/O를 가지고 있으며 확장 가능한 구조로 되어 있다. 또한 8 Channel의 Analog Input 및 6개의 D/A Channel을 가지고 있다.

5.2.1 예측전류 제어

그림 5.2는 예측전류 제어기의 구성도를 나타낸다. 전류 Reference와 전동기 유기기전력 및 상수로 부터 실제전류가 Reference와 같기 위한 다음 Mode의 전류를 계산하는 연산부, 계산된 전류와 전동기 전류를 비교하여 Thyristor를 점호시키는 ON-OFF

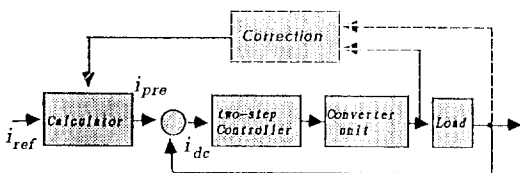


그림 5.2 예측 전류 제어기의 구성

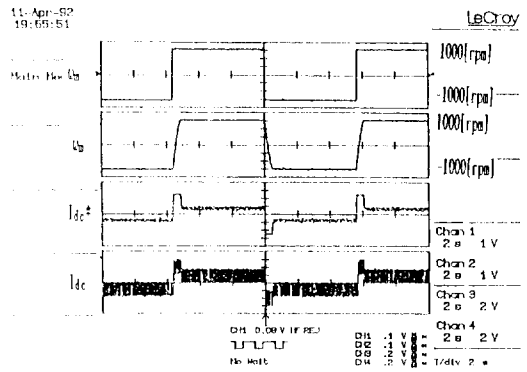


그림 5.3 속도제어 특성

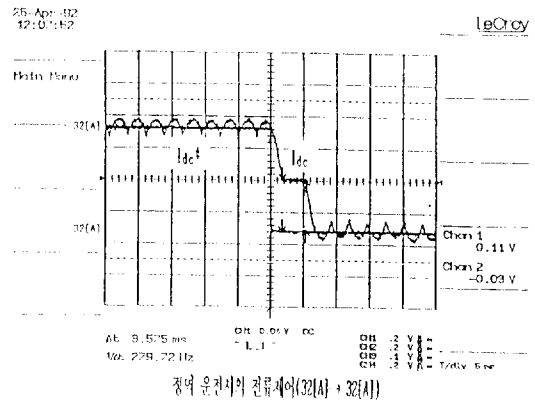


그림 5.4(a) 전류제어 특성(연속 Mode)

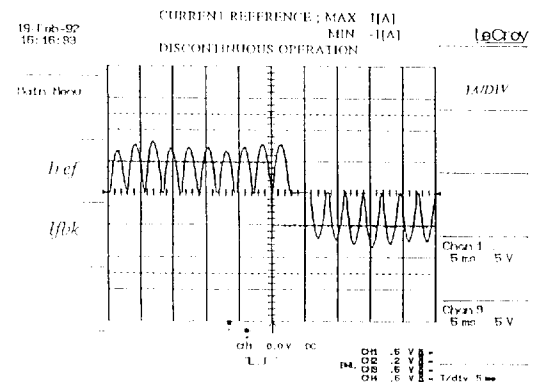


그림 5.4(b) 전류제어 특성(불연속 Mode)

제어기, 그리고 전동기 Parameter를 보정하는 보정부로 구성된다.

그림 5.3은 개발된 예측전류제어 시스템의 속도제어특성을 나타내며, 그림 5.4는 전류제어특성을 나타낸다. 그림 5.4에서 보는 바와 같이 전류연속 또

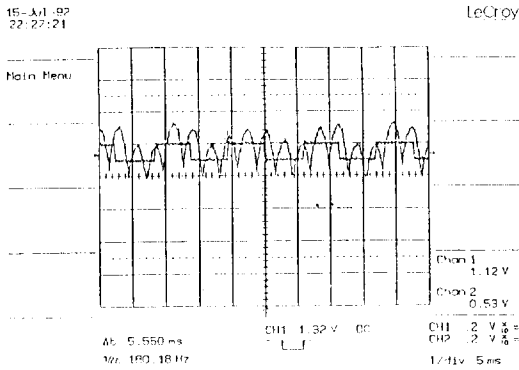


그림 5.5 전류 추종 특성

는 불연속 운전에 관계없이 정역으로 변화할 때 실제전류가 overshoot 없이 Reference를 추종하는 것을 알 수 있다. 그림 5.5는 전류 Reference를 약 180[Hz]로 변화시켰을때 실제전류의 추종특성을 나타내고 있다. 그림에서 나타난 바와 같이 약 1000[rad/sec] 이상의 전류응답성을 보이고 있다. 안정된 속도 제어를 위해서는 빠른 전류제어응답이 필수적인데 이와같이 예측전류제어는 빠른 전류제어 응답특성을 가지고 있다.

5.2.2 통신기능

본 제어시스템은 상위 HOST COMPUTER 및 범용 IBM PC와의 통신기능을 가지고 있다. 상위와의

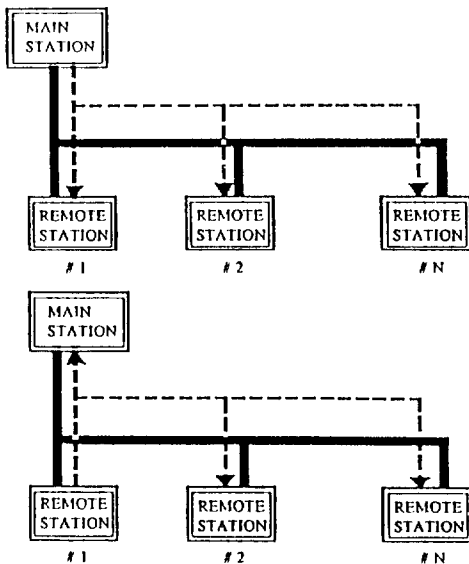


그림 5.6 상위와의 DATA 전송 Flow

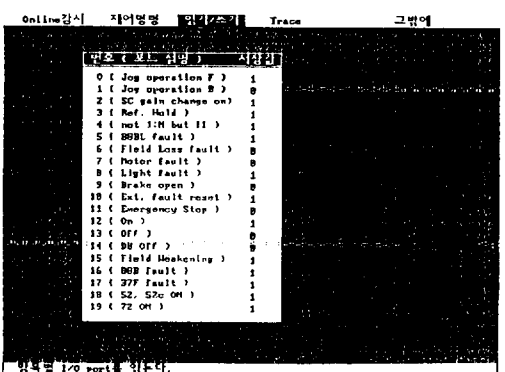
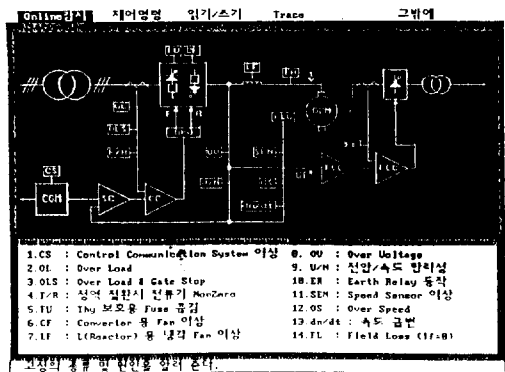
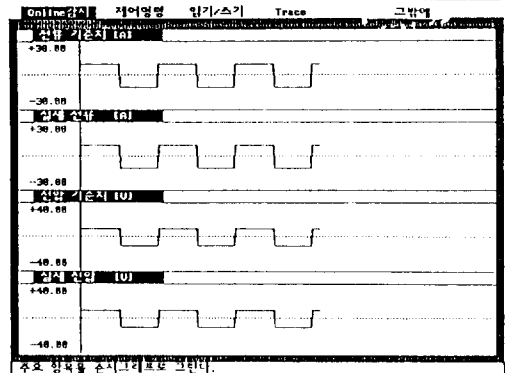
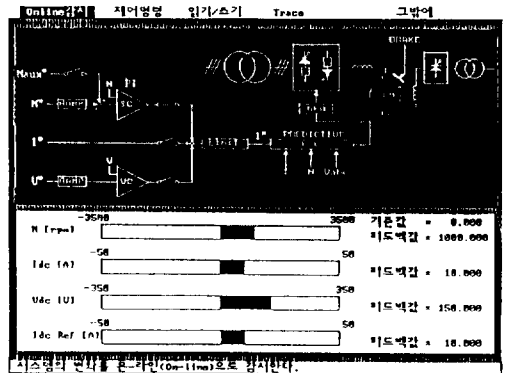


그림 5.7 MMI(Man Machine Interface)

통신은 별도의 CPU인 Intel 8344를 사용하였으며 전송속도는 1MBPS, 전송거리는 1km 이내이다. 전송 방식은 Cyclic 전송으로 상위로부터 5.5msec 마다 총 64 Word의 새로운 Reference Data를 받으며 제어장치의 상태를 상위로 전송한다. 그림 5.5는 상위와의 DATA 전송 흐름도이다.

또한 범용 IBM PC와의 통신을 위한 RS232C port를 제공하며 Operator는 Notebook PC를 이용하여 실시간(real time)으로 시스템내의 여러가지 제어변수들의 값을 보거나 그래프로도 출력할 수 있다.

그림 5.7은 IBM Notebook PC에서 제어장치의 동작을 감시하는 예를 나타낸다.

5.3 결 론

속도, 전압, 전류제어 기능 외에도 기타 압연 process에 필요한 약계자 영역에서 속도제어기 Gain 보상기능, 속도제어기 Gain의 2단 절환기능, 가변전류제한기능, DROOP제어 기능, Load-balance기능, 전류 FORCING 제어, Analog보조 입력, 최대전류 검출 제어 기능등의 여러 가지 보조제어기능, 그리고 상위 HOST와의 통신기능 및 IBM PC를 통한 MMI기능등을 갖춘 철강 압연 process전용의 고성능 Digital Converter제어 시스템을 개발하였다. 시험을 통해 1000[rad/sec]이상의 고성능의 전류에서 응답성을 얻을수 있음을 확인 하였으며 기존 제철 Process에 설치 운전중인 PI전류제어기를 사용하는 제어시스템보다 성능면에서 우수한 것을 입증하였다.

철강, 압연 line의 전동기 제어는 그 기술적 수준

이 다른 산업분야보다 우위에 있으며 따라서 제지 line등 유사한 산업분야에도 쉽게 적용될 수 있을 것으로 생각되며 전동기 Group제어 분야의 대외 의존도 개선 및 해외 수출에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

6. 회전기기 진단 시스템(Rotary Machine Diagnostic System)

6.1 개요

철강 플랜트에서는 기계들의 작동을 정확하게 점검하는 것이 매우 중요하다. 펌프, 컴프레서, 그리고 모터등과 같은 회전기는 공장의 유지에 가장 중요한 기계들이다. 대형 회전기의 일반적인 고장을 살펴보면 언밸런스(unbalance), 미스얼라인먼트(misalignment), 덜컥거림(parts looseness), 오일 휩(oil whip) 등이 있다. 고장진단방법에는 진동분석방법 압력맥동(pressure pulsation)방법, 커런트 링키지(current linkage) 방법등이 있으며 그중 진동 분석방법이 손쉽고 경제적이라 가장 널리 쓰이고 있다.

회전기의 고장을 진단하는데 전문가시스템(expert system)과 신경회로망(neural network) 진단시스템을 구현했다.

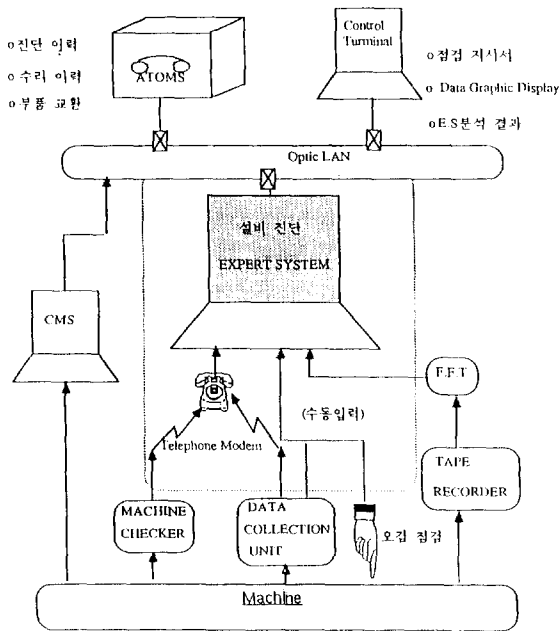
6.2 설비진단 전문가 시스템

6.2.1 기능

종 류	기 능	보관 DATA
LOCAL SOFTWARE	<ul style="list-style-type: none"> -S/P(Signal processor) -30분 단위로 진동 DATA 수집 -일정량의 진동 DATA 보관 -CENTRAL COMPUTER로 DATA 전송 -CENTRAL COMPUTER와 통신 	<ul style="list-style-type: none"> -CYCLE DATA : 7일
CENTRAL SOFTWARE	<ul style="list-style-type: none"> -LOCAL, TERMINAL, COMPUTER와 통신 -정기처리(HOURLY, DAILY, MONTHLY처리) 및 정기처리 DATA 보관 -ALARM 발생 및 ALARM DATA 보관 	<ul style="list-style-type: none"> (정기처리DATA) -CYCLE : 7일 -HOURLY : 7일

	-ALARM FLICKERING -HOST로 DATA 전송 -VITRECS 처리 -설비전체도 및 상세도 표시 -DATA REPORT, ALARM REPORT -TREND GRAPH -경향 예측 -SYSTEM CHECK 등	-DAILY : 62일 -MONTHLY : 24개월 (ALARM DATA) -HOURLY : 120개 -DAILY : 120개
TERMINAL SOFTWARE	-CENTRAL COMPUTER와 통신 -설비전체도 및 상세도 표시 -DATA REPORT, ALARM REPORT -TREND GRAPH -경향 예측	CENTRAL COMPUTER의 DATA로 처리

6.2.2 System Configuration



가속도센서이므로 그 특성상 저주파대역에서 출력이 미약하다.

그리고, 적분기는 차단주파수($f_c = 10\text{Hz}$) 이하에서 입력대 출력비를 증가시키므로 신호대 잡음비가 적분기 통과후 상당히 열화된다.

이러한 현상을 막고 속도신호의 신뢰성을 피하기 위하여 통상 HIGH PASS FILTER (HPF)를 통과시켰다.

HPF를 쓰는 다른 이유는 OP 앰프의 오프셋 전압으로 인해 발생할 수 있는 DC 성분을 없애기 위함이다. 그 다음 여파된 신호를 적분기를 통과시켜 속도신호를 얻어낸다. 그리고, 1KHZ 차단주파수를 가진 LOW PASS FILTER (LPF)를 통과시켜 고주파 성분을 제거하고 샘플링에서의 앨리어싱 효과(aliasing effect)를 방지한다.

적분기의 차단주파수가 155HZ이므로 앨리어싱 효과는 LPF보다는 적분기에 의해서 더 많이 제거된다.

그림 6.1은 신경회로망 회전기 진단시스템 구성을 보여준다.

6.3 신경망 진단시스템

6.3.1 신호처리

진동신호처리 방법은 주파수 대역에 따라 다르다. 가속도보다는 속도신호가 낮은 주파수대역에서 더 적당하므로 속도신호를 쓰며 가속도센서는 저장용 케이블을 통해 증폭기로 이어진다. 신호검출센서가

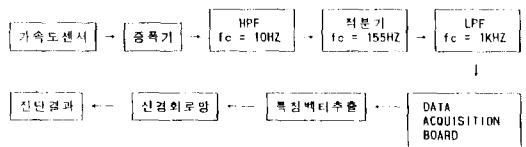


그림 6.1 신경회로망 진단시스템 구성도

6.3.2 특징 벡터 추출

회전주파수 f_r 로 회전하는 기계의 회전체에 언밸런스가 있으면 진동신호의 파워스펙트럼의 주파수 f_r 성분이 커지게 된다.

미스얼라인먼트가 있으면 $2f_r$ 성분이 정상상태보다 커지게 된다.

이때 f_r 성분도 따라서 커지게 된다.

볼트의 풀림이 생기면 $2f_r$, $3f_r$ 등의 배수성분과 $1/2f_r$, $1/3f_r$ 등의 분수 조화주파수가 발생하게 된다.

물론, 기어나 베어링에 이상이 있을 때에는 $3f_r$ 이상의 주파수 성분이 진단에 필요하다.

6.3.3 신경회로망 학습

신경회로망으로서 널리 쓰이는 BACK PROPAGATION NEURAL NETWORK를 쓴다. 입력은 21개의 뉴론으로 구성되고 출력은 4개, 은닉층은 2개의 층이며 첫번째는 25개 두번째 은닉층은 16개의 뉴론으로 구성된다.

이 신경회로망의 입력으로 앞에서 추출한 21개의 성분을 가진 특징 벡터를 쓴다.

신경회로망의 학습데이터(training data)로 정상상태 4개, 언밸런스 8개, 미스얼라인먼트 8개, 그리고 볼트풀림 4개, 총 24개의 특징벡터를 썼다. 신경회로망을 학습시키기 전에 각 웨이트(weight)에 -0.5 에서 0.5 사이의 임의의 실수를 할당해 주었다. 그림 6.2는 정상상태의 파워스펙트럼의 예를 보여준다. 그리고 그림 6.3, 6.4, 6.5는 각각 언밸런스, 미스얼라인먼트 그리고 볼트풀림의 이상이 있을 때의 파워스펙트럼을 보여주고 있다.

앞에서 언급했듯이 미스얼라인먼트의 경우 $2f$ 와 성분이 두드러지고, 볼트풀림의 경우에는 $2f$ 과 $3f$ 성분이 커짐을 알 수 있다.

신경회로망은 다음의 출력을 내도록 학습된다. 정상상태일 때는(0.97, 0.03, 0.03, 0.03), 언밸런스일 때는(0.03, 0.97, 0.03, 0.03), 미스얼라인먼트일 때는(0.03, 0.03, 0.97, 0.03), 볼트풀림일 때는(0.03, 0.03, 0.03, 0.97).

여기에서 원하는 출력값을 0이나 1로 하지 않은 이유는 학습시간을 0이나 1로 하면 끝없이 길어지기 때문이다.

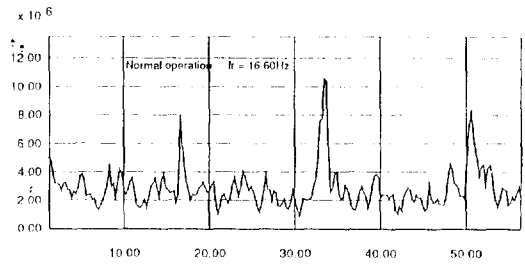


그림 6.2 정상상태의 파워스펙트럼

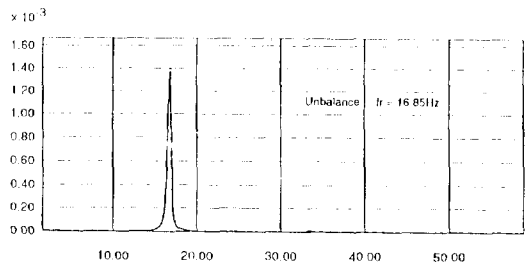


그림 6.3 언밸런스의 파워스펙트럼

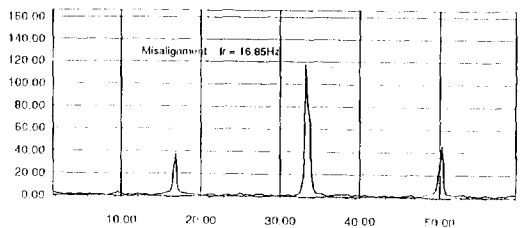


그림 6.4 미스얼라인먼트의 파워스펙트럼

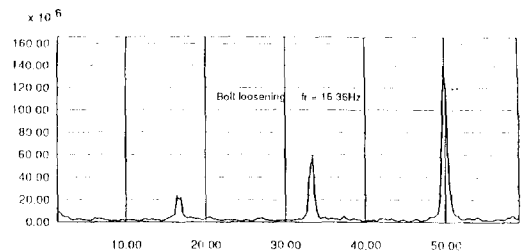
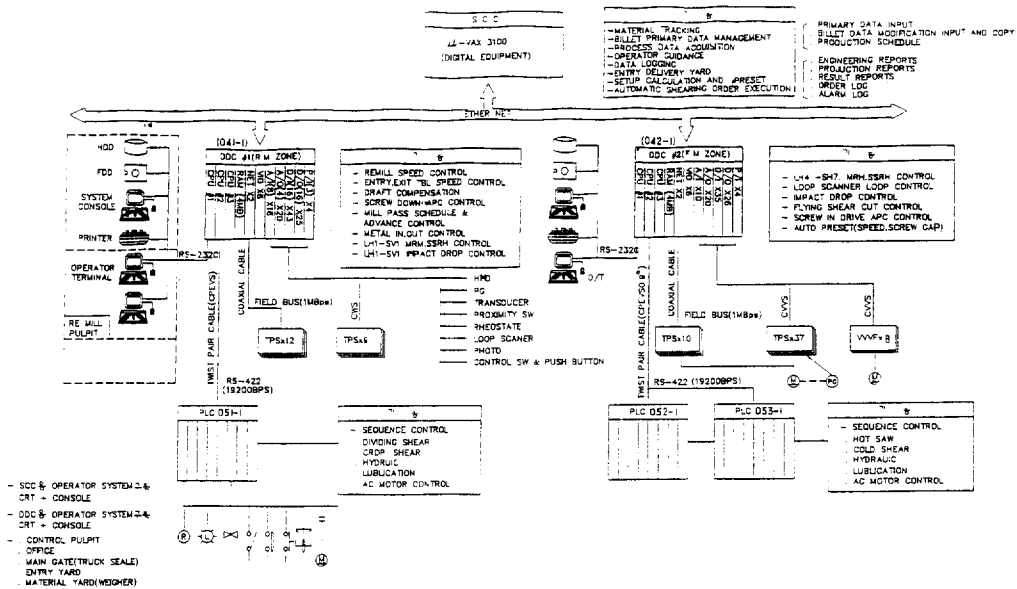


그림 6.5 볼트풀림의 파워스펙트럼



*EIC 제어시스템 적용예

7. 결 론

국내 공장자동화에 필요로하는 EIC 통합기술을 산학연 공동개발을 통하여 100% 기술을 확보함으로써 국내에서도 국제 경쟁력을 갖춘 PLANT 수출기반을 구축할 수 있으며 향후 FACTORY AUTOMATION 제어 SYSTEM을 표준화함으로써 가격 및 품질관리 측면에서 대외 경쟁력을 갖춘 SYSTEM 보급이 기대된다.



김성환(金聖煥)

1948년 11월 24일생. 1975년 효성중공업제철사업부. 1976년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1979년 효삼콘트롤정비주식회사. 1990년 제철전기콘트롤(주) 기술개발본부장. 1991년 제철전기콘트롤(주) 이사. 현재 제철전기콘트롤(주) 이사겸 기술연구소장.