

Binary Decision/Micro PC와 팩키지 보일러의 공장자동화연구.

김 영일 김 성수 김 복기 우 광방 안 민욱
[연세대] 대림공전

A study on Binary Decision / Micro PC and
Factory Automation of Package Boiler

Yeong Il Kim , Sung Soo Kim , Bok Ki Kim , Kwang Bang Woo , Min Ock An

[Yonsei University] Dae Lim Tech.J.C

1. 서론

산업생산의 공정 자동화의 발전이 계속되면서 최근 제어 주도형 시스템에 관한 연구가 활발해지고 있다.

제어 주도형 시스템의 실현을 위해서는 제어계와 정보계가 존재해야 하며 그 시스템은 패키트로닉스의 주축이 되는 원리로서 가장 큰 의의를 갖는다. 종래의 기기제어용 시스템은 제어계가 나중에 설계되어 제어기능이 집중형 시스템 구조를 갖게되었으나 제어 주도형 시스템의 경우, 복수의 제어기가 필요에따라 기계내부에 존재하게 되어 분산형 시스템 구조를 갖는다.

공정제어에서 수행기능이 다양화된 프로그램형 제어기(PC)는 아날로그 신호의 처리 및 PID 제어 뿐만 아니라 PC 상호간의 네트워크, 호스트 컴퓨터와 data highway 기능으로 분산제어시스템의 급격한 향상에 기여하고 있다.

PC가 단순한 기능을 갖는 시퀀스 제어에서는 주사율(scan rate)이 큰 비중을 차지하지 않지만 복잡한 시스템 제어나 아날로그 신호의 처리등을 다루는 시스템에서는 큰 비중을 차지한다.

이러한 주사율을 증가시키기 위해서 비트슬라이스 (bit slice), 듀얼 마이크로프로세서(dual microprocessor), 다중 및 병렬프로세서 등의 여러가지 방법이 있으며 그중에서 다중프로세서 방식은 복잡한 계산도 다룬논리에 영향을 주지않고 실행된다.¹⁾ 병렬 프로세서방식은 BD(Binary Decision) 이론에 근거를 두고 있으며 BD 프로그램이 부울스위칭 (Boolean switching) 회로를 처리한다.

본 연구에서는 분산제어기법을 기반으로하는 BD/Micro 프로그램형 제어기의 하드웨어 및 소프트웨어의 설계, 그리고 이 프로그램형 제어기의 산업용 팩키지 보일러 시스템 응용을 위한 제어 알고리즘 및 프로그램 언어에 대한 연구가 검토된다.

2. 하이브리드 BD/Micro PC의 시스템 구성 및 인터페이스 개발

순차제어 및 아날로그 제어를 다루는 BD/Micro 프로그램형 제어기 시스템의 구성은 수치제어의 보간 계산이나 산업용 로봇의 위치계산 그리고 교통신호 제어시스템의 분산제어 (distributed control) 등의 여러분야에서 시스템을 제어할경우 연산속도와 스텝수에 따라 결정되는 주사율을 고려하여 구성해야 한다.

1) BD/Micro PC 의 시스템구성

BD/Micro PC는 그림 1에서 보는바와 같이 CPU와 RAM, ROM 등으로 구성된 마이크로 컴퓨터 시스템, 아날로그 입출력 시스템 그리고 PCU(Programmable Control Unit)로 구성되어 있다.

PCU는 입출력장치, 제어장치, BD- μ C 인터페이스 장치 그리고 뱅크선택회로(bank select logic)으로 구성되

며 호스트컴퓨터와 입출력시스템 그리고 PCU의 연결은 S-100 bus 모한다.

이 시스템에서 CPU(M6800)는 여러 오퍼레이팅 모드들을 통해 PCU를 제어하게된다.²⁾

2) BD 프로그램형 제어기와 마이크로 컴퓨터간의 인터페이스 구성

BD PC를 산업분야로 확대시키고 효율적으로 제어하기 위해서 μ C를 호스트 컴퓨터로 하여 μ C와 BD PC 간에 분산제어를 응용하고 그것에 적합한 인터페이스 장치등을 구성한다.

본 하이브리드 BD/Micro PC는 16비트 양방향성 데이터 버스 와 콘트롤 버스가 μ C와 PCU를 연결시키며 데이터 버스는 RAM 에 프로그램을 Read / Write 하며 콘트롤 레지스터는 μ C보내는 각종 제어신호를 발생시킨다.

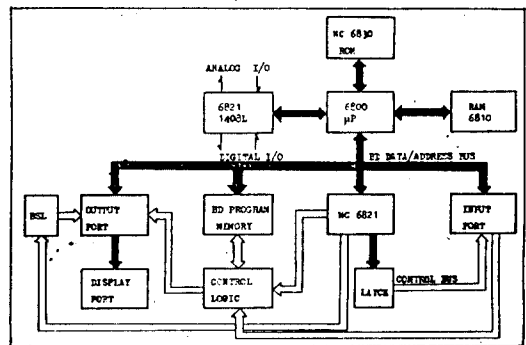


그림1. BD/Micro 프로그램형 제어기의 블록선도 Fig.1. Block diagram of BD/Micro PC

3. BD/Micro PC 소프트웨어 고찰.

BD/Micro PC에서 일반적인 운영제어, 컴파일러, 신호 입력 및 발생 프로그램은 BD/Micro PC에서 적합한 제어분야의 소프트웨어를 의미한다.²⁾

BD/Micro PC의 일반적인 프로그램으로는 초기화 프로그램, 감시용 프로그램을 1 클럭씩 켜지하여 해당하는 알고리즘에 따라 반복하게된다. 일반적으로 PID 제어 알고리즘의 프로그램은 옵션으로 제공한다.⁴⁾

1) BD 컴파일러의 개발.

진리표, 상태도 및 논리합수로부터 최적한 BD트리를 얻기 위해서는 불필요한 트리를 제거함으로써 가능하며 그 결과 프로그램 크기 및 실행시간이 상당히 줄어들게 된다.

이러한 최적한 컴파일러는 여러 제어논리로부터 새로운 언어를 정의하고 일련의 명령어를 발생하는 M6800 명령어의 프로그램으로서 이 언어에 대한 컴파일러를

검토한다.

2) BD/Micro PC의 프로그램언어 주로 사용되는 프로그램언어는 다음과 같이 세가지 형태로 나눌수 있다.

- 기본언어
- 마이크로 파스칼 (Micro pascal) 언어
- MPL (microprogramming) 언어

• 기본언어 6)

이 언어를 사용하면 PC의 입출력이 수치데이터를 직접 레지스터에 옮길수 있고 주변기와 정보교환을 용이하게해준다.

• 마이크로 파스칼 언어

최소화된 BD트리와 HD다이아그램을 작성하기 위한 그래픽 도구로서 마이크로 프로그래밍의 개념을 도입하여 BD/Micro PC의 소프트웨어를 실행한다. BD제어기에 의해서 실행되는 low-level 언어 마이크로 프로그램은 비트 슬라이스 방식을 이용하여 실행되며 마이크로 파스칼로된 high-level 언어는 data unit control unit 로 구성된 마이크로 컴퓨터에 의해서 low-level 언어 마이크로 프로그램으로 변환된다.

• MPL(microprogramming language)언어

MPL언어는 기계어보다 low-level 이고 프로그래밍하기가 어렵지만 모든 자원에 대하여 제어를 완전하게 해준다.

이언어는 high-level 알고리즘을 재해석하여 2진수의 array 인 control store 의 내용을 직접 작성할수 있도록 해준다.

3) 운영체제(OS)

PCU에대한 운영체제는 마이크로 컴퓨터의 ROM 에 내장되어있으며 하이브리드의 기능을 갖기위하여 다음과 같은 모듈드가 존재한다.

- 다운 로우드 모듈드
- 저장프로그램 모듈드
- 실행 모듈드
- 입기 모듈드
- 테스트 모듈드
- 인터럽트 모듈드

4. BD/Micro PC에 의한 패키지 보일러 시스템제어.

산업사회에서 공장자동화가 급속히 전개됨에 따라 프로그램형 제어기도 제어의 계층화, 제어정보의 집중화 그리고 최적한 분산제어 등의 기능이 요구된다.

공장제어 시스템의 구형으로 분산제어의 범위가 넓어져 산업용 패키지 보일러에도 네트워크 개념으로 데이터 하이웨이(data highway) 기능이 부여된다. 패키지 보일러를 제어하는것 으로는 연소제어부, 온전수위제어부, 증기압력부 종량및 안전제어부가 필요하며, 종래의 보일러에서는 센서로서 엄검출기, 액면전극, 압력스위치 및 밀폐기와 배기가스 시모스펫 등을 사용하였으나 이BD/Micro PC의 패키지 보일러 시스템은 종래와 동일한 센서만을 활용하여 센서의 수 라든가 종류를 증가시키지 않고 이전에 없었던 진단기능, 인텔리전스(intelligence)기능, 기록기능, 데이터 전송기능 등을 부가시켜서 보다 고도의 판단을 가능하게 해준다.

1) 패키지 보일러의 O₂ 연소제어

하이브리드 BD/Micro PC시스템을 이용한 패키지 보일러의 공장 자동화에 있어서 증기배터 압력, O₂ 농도, 연소량, 증기및 공기연료밸브 위치, 화염감지 신호, 기동, 정지신호 등의 순차적인 기능은 여러대의 BD 제어기로 처리한다.

이때 감지제어는 I/O subsystem과 더불어 J/C 에 의해서 수행된다.

본 연구에서는 보일러의 연소제어를 시행하는 경우를 연구 검토한다.

연소장치의 배기가스 손실을 방지하기 위해서 적정한 O₂ 농도가 되도록하는 제어기법이 이용되고 있다.

적정 O₂ 농도는 연도내의 O₂ 농도계에서 측정된 배기가스 O₂ 농도와 비교되고 PID 연산으로 T_r 및 T_i

요소가 구비된 VVVF에 주파수 설정신호로 출력되어 압입밸브 전동기의 기본속도 제어를 시행한다.

이 장치는 연료와 전력을 절감할수 있을 뿐만아니라 구조를 변경 시키지 않고 설치가능하며 경제적이고 안정성이 높다.

하이브리드 BD/Micro PC시스템에서 보일러의 연소제어와 같은 PID제어는 J/C로 처리하고 화염감지신호 및 기동정지 신호와 같은 순차적인 기능은 여러대의 BD제어기로 처리한다.

그림2 는 패키지 보일러 시스템의 분산제어에 있어서 BD/Micro PC와 그 주변기기를 보여준다.

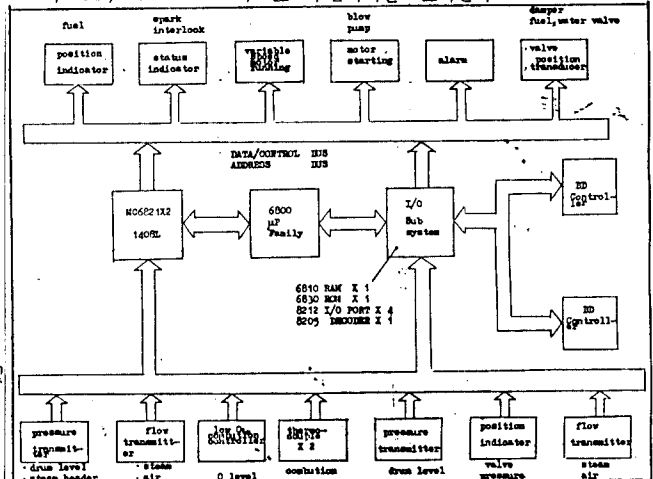


그림2. 패키지 보일러 시스템의 BD/Micro PC와 그 주변장치
Fig.2. Block diagram of BD/Micro PC and device in package boiler system.

2) PID 제어기구성 및 제어알고리즘 5)

PID 제어기는 일반적으로 노이즈를 제거하기 위해서 필터를 사용하며 PID 제어기의 수학적 모델을 다음과 같이 쓸수있다.

$$G_c(S) = \frac{K}{1 + T_f S} \left[1 + T_D S + \frac{1}{T_I S} \right] \quad (1)$$

여기서 K: 비례이득, T_D:미분시간, T_I:적분시간
1/T_f: LPF 의 주파수
파라메타를 정의하여 다시 정리하면

$$G_c(S) = K_1 \frac{T_D S + 1}{T_f S + 1} \left(1 + \frac{1}{T_I S} \right) \quad (2)$$

식(2)는 PID제어기의 실제형태로서 블록선도는 그림(3)과 같다.

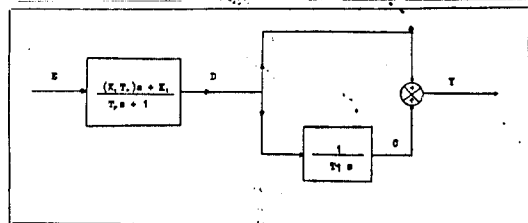


그림3. PID 제어기의 구성
Fig.3. PID controller configuration

자동 방정식을 이용하면 샘플링 주기를 T_s 라 표시하고 다음과 같은 식을 나타낼수 있다.

$$D_n = \frac{T_f}{T_f + T_s} D_n^* + \frac{K(T_f + T_D)}{T_f T_s} E_n - \frac{K_1 T_s}{T_f + T_s} E_{n-1}$$

$$C_n = C_{n-1} + \frac{T_s}{T_I} D_n$$

$$Y_n = C_n + D_n$$

여기서 변수 D, C 그리고 Y는 그림 3에 나타나 있으며 인덱스 n은 time instant 값을 표시한다. 위의 변수를 이용하여 PID 제어기의 제어 알고리즘에 대한 플로우 차트가 그림 4에 나타나 있다. 8개의 8bit I/Oport 중에서 4개는 에러신호 E_n에 대해서 나머지 4개는 제어신호의 Y값에 대하여 사용된다. 에러신호 E_n은 연산 서브프로그램으로 처리되기 전에 normalize 된다. 산업용 보일러의 연소제어 알고리즘은 PID 제어 알고리즘으로서 P값, I값, D값의 파라미터를 정하여 setpoint value에 최적한 제어를 하는 기법이다.

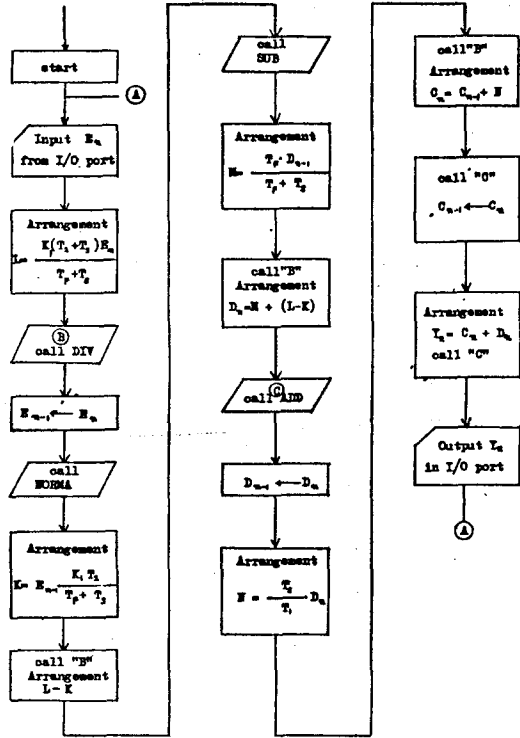


그림 4. PID제어 알고리즘의 플로우차트
Fig.4. Flowchart of PID control algorithm.

이 PID제어 알고리즘은 부동 소수점 연산표현방식(floating point arithmetic representation)을 채택하여 수(number)의 사용범위를 확대시켜주고 이 방식을 이용한 산술연산에 요구되는 실행시간은 프로세스제어 분야에서는 만족스러운 결과를 가져다 준다.

5. 결론

본 연구에서는 산업용 펌프 보일러의 최적한 연소 제어를 위하여 O₂ 제어기의 구성 및 PID제어 알고리즘을 도입하고 그것에 따른 하드웨어 및 소프트웨어를 고찰하였으며 그결과 하드웨어는 논리제어기나 기존의 PC보다 본산제어의 효율적 처리가 가능하였다. BD/Micro PC 시스템에서 지연제어를 필요로 하는 기능은 BD PC가, 아날로그 시스템을 다루는 PID 제어기는 JUC가 담당함으로써 제어범위가 넓어져 각종의 연산기능 확대, BD PC와 JUC와의 데이터 링크, 그리고 고장진단등의 기능이 추가되었다.

- 앞으로 개발해야 할 과제로서
- 상위 및 하위 레벨의 프로그램 언어의 재개적인 개발
 - 연소 제어 이외의 수위 및 증기압력제어에 대한 시스템구상
 - PID 제어기의 튜닝(tuning) 만으로 원하는 제어 성능을 얻을 수 없는 시스템에 대한 낭비시간 보상 알고리즘 개발 등을 들 수 있다.

이러한 BD/Micro PC의 기능으로 펌프 보일러 연소 제어 및 기타 다른 공장자동화의 이 분야에 더욱 활발한 연구가 진행될 것으로 기대된다.

6. 참고 문헌

- 1) R.T. Rouse, "The Binary-Decision Machine as Programmable Controller," Euro-micro Newsletter, Vol 1, No. 2, 1976, pp. 16-22.
- 2) Charles H. Roth, Jr, "Fundamentals of logic Design," West Publishing Co, 1976.
- 3) M6800 Microprocessor Application Manual, Motorola Products, Inc., Austin, Tex, 1975.
- 4) S. Masili-Libelli, "Optimal design of PID regulation," Int. J. Contr., Vol. 33, no. 4, pp. 601-616, 1981.
- 5) J>H>Aylor, et al, "Stability and performance consideration in the selection of digital PID controller parameter," IEEE, 1980 IECI Proceedings "Application of mini and microcomputer," 1980.
- 6) "불완전 다중출력 함수를 이용한 BD PC" 대한 전기학회논문 34:1-9(1985), 김 영일, 안 민옥, 김 현기, 우 광방.
- 7) "BD/Micro 프로그래머블 제어기와 이의 교동제어시스템응용" 대한 전자공학회논문. 23-5(1986) 김 영일, 안 민옥, 우 광방.