

# 工程 自動化를 위한 自己 同調 制御器의 構成

鄭泰鎮 · 權五亨

## 〈要 約〉

본고는 자기동조 제어기 구성에 관한 논문으로 제어기는 공정의 매개변수 변화와 외란, 잡음에 대하여 운용자의 조작없이 스스로 제어 특성을 만족하도록 동작하며, 공장자동화 시스템의 일부로서 계층제어 시스템 구성이 가능한 통신기능을 가지고 있다. 또한, 공정의 시간지연, 불감시간, 비선형 등에 대해서 만족할만한 제어 효과를 나타내며, 범용자기동조 제어모드와 PID 제어모드를 갖는다. 본문에서는 자기동조 제어기의 시스템구성, 하드웨어구성, 소프트웨어구성에 대하여 기술한다.

## I. 서 론

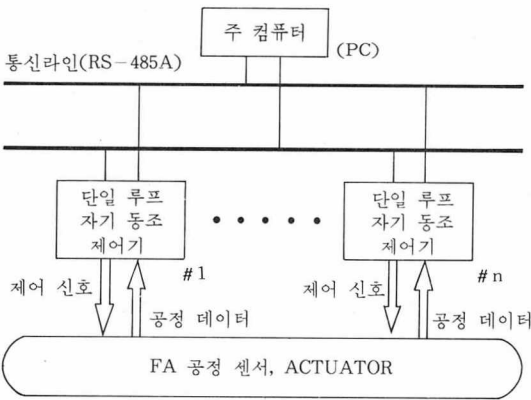
제품의 고품질화, 생산비용의 절감, 다품종소량생산화를 실현하기 위해 단위공정을 최적제어

상태로 유지하는 것이 절대적으로 필요해짐에 따라 자기동조 제어기법을 도입한 제어기의 개발이 공장자동화의 현장에서 절실히 되고 있다. 종래에는 숙련된 현장작업자의 기능에 의한 수동식 제어기를 운용하여 작업자에 따른 경험치의 차이, 계수조정시간의 과다 등으로 생산성이 저하되었고, 생산된 제품의 품질이 균일하지 못하였다. 현재 자동화기술의 눈부신 발전으로 공장의 모든 생산라인은 컴퓨터에 의한 자동화 시스템으로 바뀌어 가고 있으며 제어기능도 고급화 되어가고 있다. 자기동조제어기 실현의 주된 목적으로는 시변공정의 특성 변화시에도 최적 제어성능을 유지하도록 하는 것과 공정 개시시 공정 파라미터의 조절작업을 경감시키는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 파라미터 추정기법을 사용하여 공정의 특성 변화를 항상 감시하고, 자기동조 알고리즘에 의한 제어 신호의 출력으로 최적 제어상태를 유지하도록

하였다. 본 제어기는 범용 제어기로서의 기능을 실현하며, 폐수처리, 제지펄프, 염색 및 방직, 제약공정 등과 같은 반응시간이 비교적 긴 공정에서 주로 수소이온 농도(pH) 및 온도 제어공정등에 잘 적용되며, 네트워크 기능에 의해 소형컴퓨터(PC)와의 통신이 가능하므로 컴퓨터에 의한 감시 및 제어가 용이하도록 구성하였다.

## II. 시스템 구성

자기동조 제어시스템은 단일 루프제어기가 <그림 1>과 통신 라인을 통하여 최대 32대까지 주컴퓨터에 연결할 수 있다.



<그림 1> 자기동조 제어기 시스템 구성

단일 루프 제어기는 해당공정 센서로부터 애널로그 신호의 형태로 공정의 데이터를 검출하여 자기동조 알고리즘에 의한 제어출력으로 공정의 액츄에이터(모터, 릴레이, 밸브, 히터 등)를 구동하게 된다. 주 컴퓨터에서는 통신라인에 연결된 개별 제어기에 동작 명령을 주며(Download), 제어기로부터의 제어결과 및 제어기 상태를 항상 수집하여(Upload) 그림, 도표 등의 형태로 공정의 추세변화(Trend)를 용이하게 알 수 있도록 다양한 기능을 제공해 준다. 또한, 제어기는 주 컴퓨터의 명령없이도 자체의 자기진단기능, 제어 블럭다이어그램 구성(configuration) 등으로 독자적인 동작을 할 수 있도록 하였다.

## III. 하드웨어 구성

자기동조 제어기의 하드웨어는 <그림 2>와 같이 두개의 프로세서 구조로 되어 있으며 주 프로세서는 제어모드 프로그램, 공정제어신호의 입출력, 제어기 판넬의 키 입력 및 표시장치 구동과 기타 주변하드웨어 제어기능을 담당하고, 알고리즘 프로세서는 자기동조 제어 알고리즘 수행 및 부동소수점 수치 연산과 주 컴퓨터와의 통신 등의 기능을 수행한다. 두 프로세서는 해당 프로세서의 기능이 제공하는 3선의 통신선(SI, SO, SK)으로 데이터를 서로 교환하며, 주 프로세서에서 수집한 공정 데이터로 알고리즘 프로세서의 자기동조제어 알고리즘을 수행시킨다. 알고리즘 수행결과는 주 프로세서에 전송되어 표시장치 구동 및 제어신호를 출력한다.

### 1. 하드웨어 주요 규격

#### 가. 하드웨어 주요 규격

- HPC16040 16비트 단일칩 마이크로 콘트롤러(National Semicon.)
- 2개의 프로세서에 의한 병렬처리 구조
- 클럭 주파수 : 16MHZ
- 메모리 용량 : 128K bytes

#### 나. 신호변환

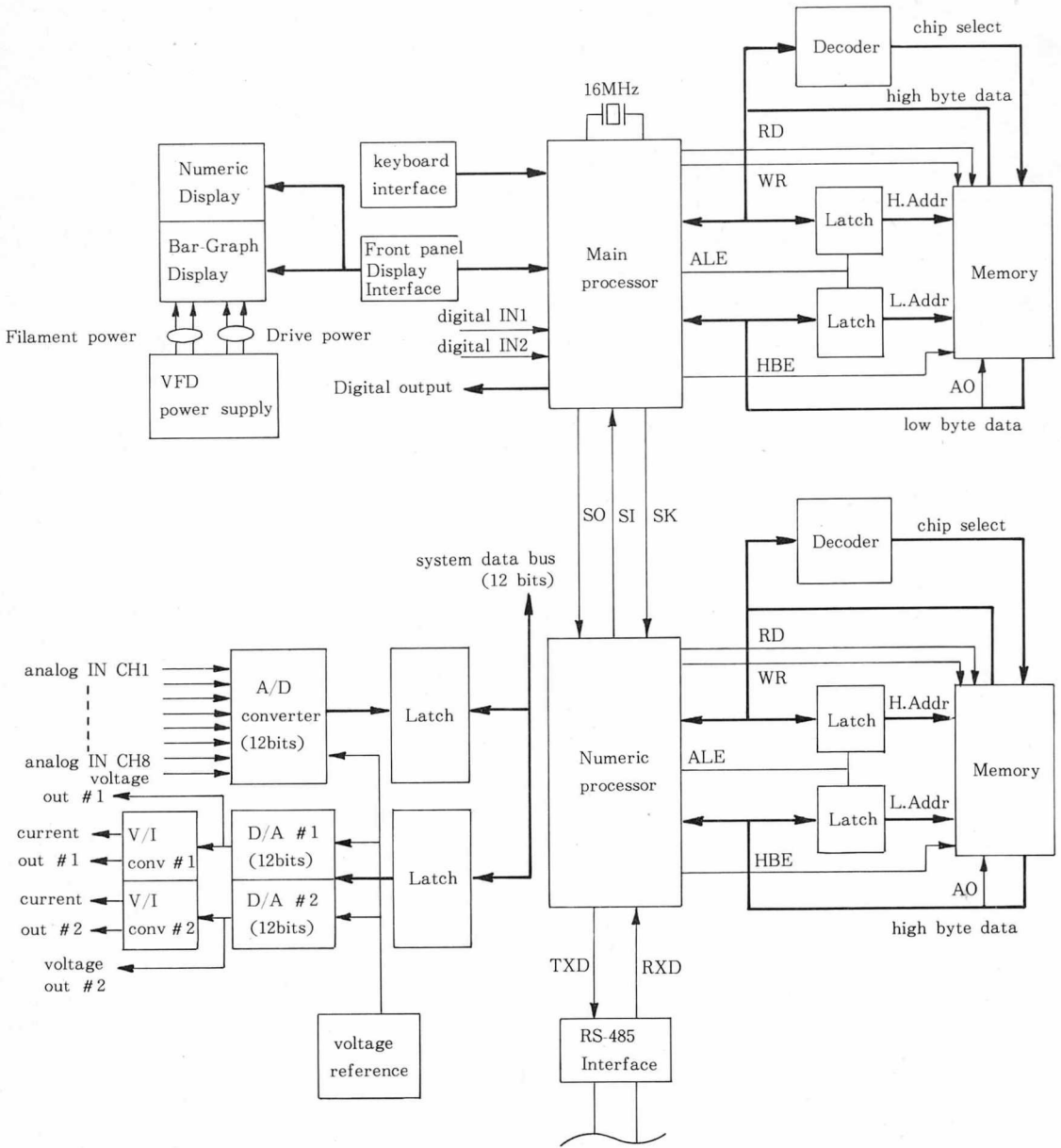
- 12bits A/D, D/A 변환
- 4~20mA V/I 변환

#### 다. 제어기 입출력

- 애널로그 입력 : 8채널(4채널차동입력신호)
- 애널로그 출력 : 2채널 전류, 전압 출력
- 디지털 입력 : 2채널 접점 입력
- 디지털 출력 : 2채널 PWM 신호 출력  
3채널 접점 출력

#### 라. 표시장치

- 2개의 16세그먼트 숫자/문자표시기(9자리)
- 3개의 101세그먼트 바그래프 표시기(형광 표시)



〈그림 2〉 하드웨어 구성 다이어그램

- 공정데이터, 제어출력, 설정값을 0~100 %의 애널로그량으로 표시

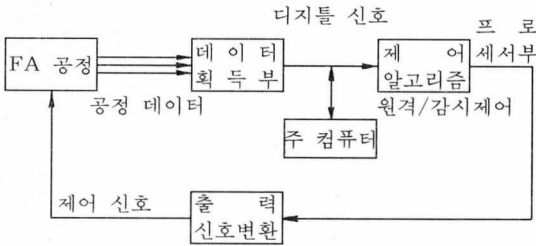
마. 키입력

- 8개의 키로 구성

2. 데이터흐름도

자기동조제어기에서 처리되는 데이터의 흐름은 〈그림 3〉과 같이 FA의 해당 공정으로부터 공정데이터를 데이터 획득부(Data Acquisition)에서 디지털 신호로 변환하고, 변환된 디지털

데이터는 마이크로 프로세서에 의한 제어 알고리즘으로 제어 출력을 계산한 후 공정의 액츄에이터를 구동하기 위한 신호로 출력된다.

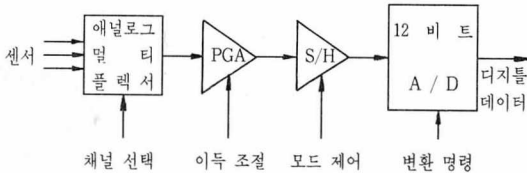


<그림 3> 데이터 흐름도

### 3. 하드웨어 주요구성 모듈

#### 가. 데이터 획득 모듈(Data Acquisition module)

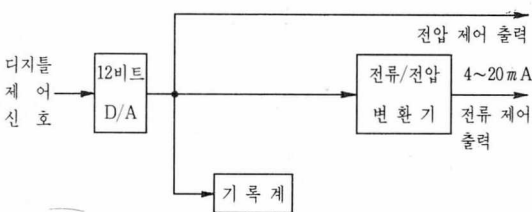
공정의 센서로부터 다양한 범위의 아날로그 신호를 멀티 플렉싱하여 디지털 데이터로 변환하는 모듈로서 <그림 4>와 같은 블록으로 구성된다.



<그림 4> 데이터 획득 모듈 블록 다이어그램

#### 나. 출력 신호 변환모듈

알고리즘 프로세서에서 자기동조 제어알고리즘의 연산 결과로 원거리에 위치한 공정의 액츄에이터를 구동하기 위하여 <그림 5>와 같이 디지털 제어신호를 아날로그 신호로 변환한후 이

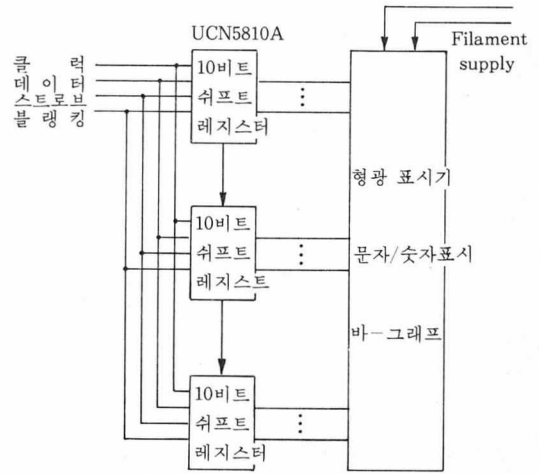


<그림 5> 출력신호 변환모듈 다이어그램

출력은 기록계의 입력 또는 근거리 제어신호로 사용하며, 원거리 제어신호의 전송을 위해 4~20mA 전류 신호로 변환하는 모듈이다.

#### 다. 형광표시기 구동부

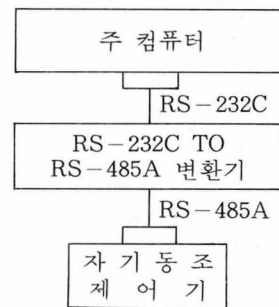
공정데이터, 제어출력, 설정치 및 제어기의 프로그램 등의 수치표시, 모드설정시 숫자, 문자로 표시하도록 제어하는 부로서 <그림 6>과 같이 10비트 쉬프트 레지스터를 여러개 직렬 접속하여 주 프로세서의 제어 포트에서 8비트씩 쉬프트하여 제어한다.



<그림 6> 형광표시기 구동부 다이어그램

#### 라. RS-232C, RS-485A 변환모듈

제어기와 주 컴퓨터간의 통신을 위하여 사용되는 모듈로서 <그림 7>과 같이 주 컴퓨터의 RS-232C 직렬 포트에 연결된다.



<그림 7> RS-232C, RS-485A 변환모듈 연결도

## IV. 소프트웨어 구성

### 1. 소프트웨어 구조

제어기는 <그림 8>과 같은 프로그램 모듈들로 구성되어 있으며 주요기능은 다음과 같다.

#### 가. 통신 모듈

제어기와 주 컴퓨터간의 데이터 통신(UP/Down load)을 위한 프로토콜이며 제어기에서 처리하는 공정의 정보를 정확히 주 컴퓨터에 전송하며 주 컴퓨터에서는 이들의 데이터를 수집, 분석한다.

역으로, 주 컴퓨터는 제어기에 원격 명령을 전송하여 제어기를 원격 제어한다.

#### 나. 신호처리 모듈

공정센서로 입력되는 아날로그 신호에 대한 전처리 프로그램으로 센서입력의 형태에 따른 디지털 필터링, 선형화, 보상 및 데이터 획득 제

어 프로그램 등이 포함된다.

#### 다. 자기진단 모듈

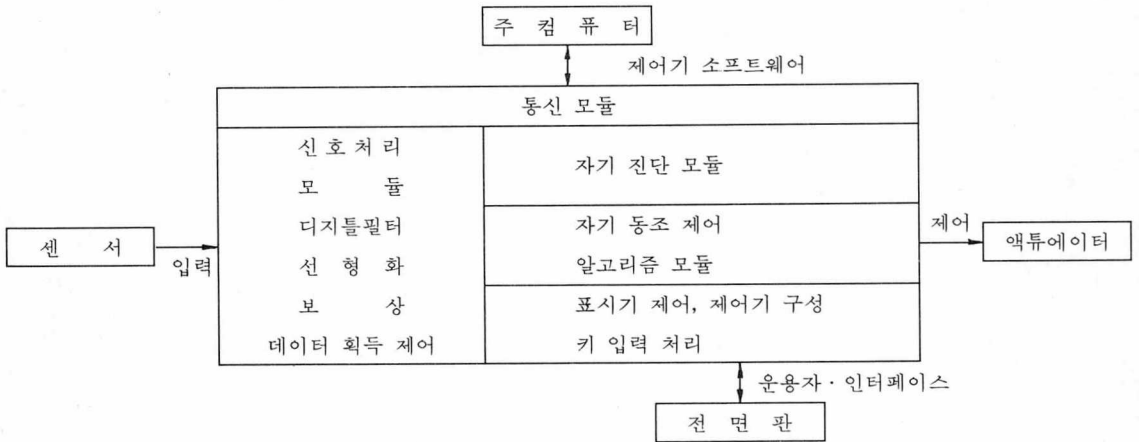
제어기의 동작상태를 점검하는 프로그램으로 동작 개시시 하드웨어의 정상동작 상태를 점검하게 된다. 이때 하드웨어의 기능이 정상이면 아닐 경우 그 원인을 경보하게 된다.

#### 라. 자기동조 제어 알고리즘 모듈

제어기의 핵심 프로그램으로 공정의 매개변수를 추정하고 입력공정에 대한 제어신호를 만들어 내는 알고리즘이다.

#### 마. 운용자 인터페이스 모듈

제어기의 운용자에 의한 제어시스템 구성, 계수설정, 제어상태 점검 등을 익숙한 제어용어를 사용하여 대화형식으로 지원해 주기위한 프로그램으로 키입력, 제어기 구성, 표시기 제어 등의 기능이 포함하여 있다.



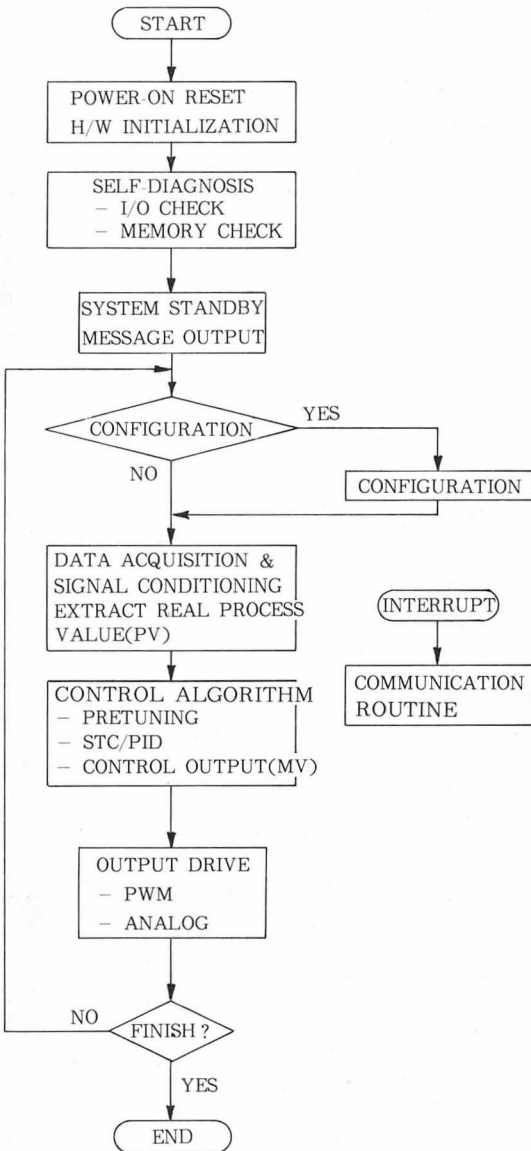
<그림 8> 제어기의 소프트웨어 구조

### 2. 제어프로그램 흐름도

제어기의 전체 프로그램 흐름은 <그림 9>와 같이 전원이 공급되면 초기화 루틴에 들어가서 모든 하드웨어를 안정한 상태로 유지해 놓는다. 운용자가 전면판 키를 조작하여 제어모드를 설

정하면 자기진단 모드에서 제어기의 정상동작 상태를 점검하여 이상이 없을때 입력처리 루틴을 시작한다. 입력처리 루틴에서는 센서입력을 멀티플렉싱하여 8채널의 신호를 스캔하여 데이터 획득 시퀀스를 시작시킨다. 채널을 스캐닝하여 얻은 데이터는 전처리를 위하여 일단 메모

리에 저장한다. 운용자는 시스템 제어중 변수 변경, 설정치 변경 등을 할 수 있는데 이들의 기능은 운용자 인터페이스 처리 루틴에서 수행하며, 필요시 표시기를 제어하여 대화형식의 운용을 할 수 있다. 시스템의 메모리에 저장된 공정정보는 자기동조 제어를 위하여 수치연산(가, 감, 승, 제), 온라인 리커시브 계수계산, 제어법칙 계산 등을 수행하게 되는데 이러한 연산은 수치연산 및 제어알고리즘 루틴에서 수행한다.

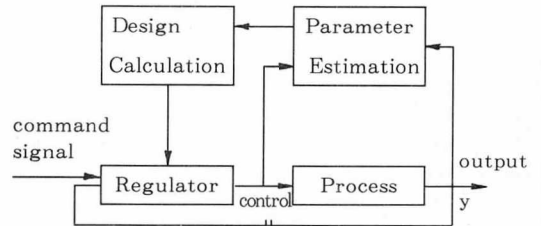


〈그림 9〉 제어기의 전체 프로그램 흐름도

알고리즘 루틴에서 발생된 제어신호를 4~20mA 전류 신호 또는 애널로그 전압신호로 변환하여 액츄에이터에 입력하는 루틴이 출력제어 루틴이며 또한 PWM 디지털 신호를 발생시킨다. 제어기에서 주 컴퓨터 또는 주 컴퓨터에서 제어기로 명령 및 데이터를 보내고 받을때는 인터럽트 신호를 발생하여 통신프로토콜을 수행하게 된다.

### 3. 제어 알고리즘

본 제어기에서 사용하는 제어기 구조는 〈그림 10〉과 같이 간접 제어 방식으로, 매개변수 추정 블록은 공정의 매개변수가 시간과 주변상황에 따라 불규칙하게 변할때에도 제어대상에 대한 제어효과를 보장하도록 공정의 매개변수를 추정한다. 레귤레이터 블록은 공정의 매개변수 추정치를 토대로 입력 및 출력을 포함한 목적함수(cost function)를 최소 또는 최대로 하는 제어 입력을 명령신호에 맞추어 계산해 내며, 연산블록은 레귤레이터 블록에게 미리 제어기 파라미터를 결정해준다.



〈그림 10〉 자기동조 제어기 구조

## V. 결 론

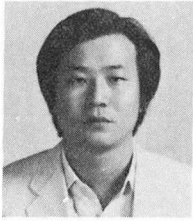
FA 공정은 그 환경 조건의 제약성이 대단히 많으며, 제어 알고리즘도 공정에 따라 다양하다. 해당공정에 대한 현장의 경험치를 지식 베이스화하여 적절한 적응 알고리즘과 상호 연관시켜 최적제어 계수를 도출함으로써 적응 제어 기능을 더욱 보완시켜야 할 것이다. 본 제어기 구성에 관한 연구 결과를 산업공정에 적용하여,

충분히 성능 시험을 한후 해당공정에 최적인 제어 알고리즘을 모듈화하고, 이를 이용하여 해당 공정에 유연한 제어를 구성하는 것이 바람직하다.

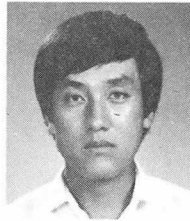
〈參考文獻〉

1. G. C. GOODWIN, et al, Adaptive Filtering Prediction & Control, Prentice-Hall Inc., 1984.

2. 권오형외, Self-Tuning Advanced Controller의 개발에 관한 연구, 과학기술처 최종연구 보고서, 1988. 8.
3. 한국전자통신연구소, 자기동조제어기의 Requirement Spec., 1986.
4. 한국전자통신연구소, 자기동조제어기의 General System Spec., 1986.
5. HPC 16040 One Chip Microcontroller Manual, National Semiconductor Corp., 1986.



鄭泰鎭 (Chung, Tae Jin)  
 1955년 3월 4일생  
 1979. 2 : 충남대학교 전자공학과 학사  
 1979. 3~1983. 1 : 국방과학연구소 연구원  
 1983. 2~1984. 7 : 대우중공업(주) 대리  
 1984. 9~현재 : 한국전자통신연구소 제어기기개발실 선임 연구원



權五亨 (Kwon, O Hyung)  
 1958년 8월 28일생  
 1981. 2 : 서강대학교 전자공학과 졸업  
 1983. 2 : 서강대학교 전자공학과 대학원 졸업 (공학석사)  
 1983. 3~1987. 2 : 한국전자통신연구소 연구원  
 1987. 3~현재 : 제어기기개발실 선임연구원