

# DSP 사용 고속설계제어기에 의한 AC 서보시스템의 속도제어기 설계

지준근

순천향대학교 정보기술공학부

## Design of Speed Controller for AC Servo System by Rapid Design System using DSP

Jun-Keun Ji

Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University

### ABSTRACT

In this paper design of speed controller for AC servo system by rapid design system(RG-01D) using DSP of Realgain company is introduced. "AC Servo-Designer" system, including CEMTool/SIMTool S/W, RG-DSPIO board, AC servo driver and AUTOTool program, is used in this research. Because "AC Servo-Designer" system can use SIMTool blocks to design and implement various controller in short time, speed controller for AC servo system is easily designed and implemented according to control objectives.

### 1. Introduction

제어기술은 전기, 전자, 통신 등 여러 분야에서 기반 기술로서 큰 역할을 맡고 있다. 그러나 이처럼 중요한 제어기술은 복잡한 수식의 표현 등으로 인하여 어렵다는 말을 자주 듣게 되며, 또한 제어 이론 교육을 받았던 학생들도 실제 제어기 설계 능력을 갖추지 못한 경우가 대부분이다. 이는 제어기 설계 기술은 이론뿐만 아니고 설계 후 적용이라는 실험 과정을 수반하여야 제어기 설계에 대한 완전한 이해 및 설계 능력을 갖추게 되는데 그런 실험 과정이 거의 수반되지 않고 있기 때문이다.

리얼게인사에서 출시한 'AC 서보 고속설계실험장치'란 제품은 AC 서보 시스템을 복잡하고 어려운 과정 없이 실험으로 진행할 수 있도록 구성되어진 제품이다. 또한 실제실험에서 사용될 시스템의 모델링 방법을 포함하고 있으므로 좀 더 쉽게 AC 서보 시스템의 접근이 가능하다. 본 논문에서는 리얼게인사의 'AC 서보 고속설계실험장치'를 소개하고, 속도

관측기를 사용한 AC 서보시스템의 속도제어기 설계를 통해 응용방법을 제시하고자 한다.

### 2. 'AC 서보 고속설계 시스템'의 구성

#### 2.1 CEMTool, SIMTool의 구성

CEMTool(Computer-aided Engineering & Mathematics Tool)은 수학과 공학 계산을 수행하는 과학기술 범용 패키지이고, SIMTool(Simulation Tool)은 블록 다이어그램 프로그램 방식의 블록 구조 설계 패키지이다. CEMTool의 경우 CEMTool 상의 문법뿐만 아니라 제어용 소프트웨어로 가장 많이 사용되고 있는 MATLAB의 문법도 지원하므로 기존에 작성해 놓은 M-file을 사용할 수 있다. SIMTool에서는 시스템을 형성하는 각종 요소들을 기본적으로 제공되는 100개 이상의 블록들의 조합으로 나타내어 그 특성을 표현함으로써, 복잡한 시스템을 손쉽게 모델링하여 시뮬레이션 할 수 있게 한다. 그리고, 선형요소 뿐만 아니라 기존의 프로그래밍 형태의 시뮬레이션 패키지에서는 나타내기 힘들었던 각종 비선형 요소들도 간단히 모델링 할 수 있다. SIMTool을 이용하면 연속 시간 시스템과 이산 시간 시스템 각각의 시뮬레이션은 물론이고, 두 요소가 섞여있는 하이브리드 시스템의 시뮬레이션 또한 가능하다. 고급기능으로 매우 복잡한 시스템을 간편하고 체계적으로 모델링하기 위한 슈퍼블록(Super block)과 매크로블록(Macro block) 기능이 있다.

#### 2.2 고속설계제어기의 구성

그림 1은 고속설계제어기인 RG-DSPIO 보드의 모습이다. 고속제어 설계기란 기존에는 제어 시스템 개발을 각각의 하드웨어에 맞추어 C언어를 이용하여 큰 프로그램을 장기간에 걸쳐 개발을 진행하여

왔지만, 이러한 프로그램을 간단히 블록다이어그램이나 명령어 방식으로 제어기 등을 설계하여 바로 실시간으로 외부 입출력 장치와 연결하여 실제 실험을 할 수 있는 장치를 말한다.

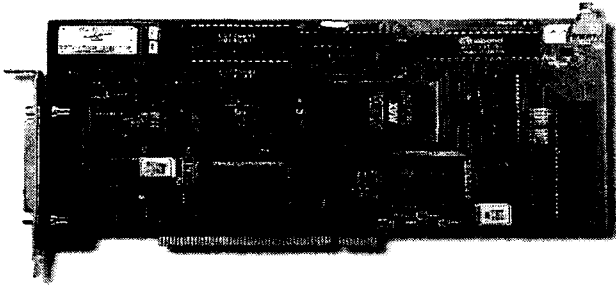


그림 1 RG-DSPIO 보드  
Fig. 1 RG-DSPIO board

표 1은 RG-DSPIO에 내장하고 있는 입출력 사양이다.

표 1 RG-DSPIO 보드의 I/O 사양  
Table. 1 I/O Specification of RG-DSPIO Board

구분	RG-DSPIO
Analogue Input	8 ch (16 bit)
Analogue Output	4 ch (16 bit)
Digital Input	8 ch
Digital Output	8 ch
Interface	PCI BUS
입, 출력 전압	-10 ~ 10V 내에서 조절가능
Encoder Pulse Counter	4 ch
PWM	2 ch

고속설계제어기는 CEMTool과 SIMTool을 이용하여 블록으로 알고리즘을 구성하면 그 블록을 자동으로 C 코드로 생성하여 주는 C 코드 생성기인 AUTOTool을 포함한 소프트웨어와 고속 연산 수행을 할 수 있는 DSP chipset을 사용하고, 외부 입출력을 할 수 있는 I/O 기능이 있는 RG-DSPIO 보드로 구성되어 있어 빠른 실시간 제어시스템 구성이 가능하다.

### 2.3 AC 서보 시스템의 구성

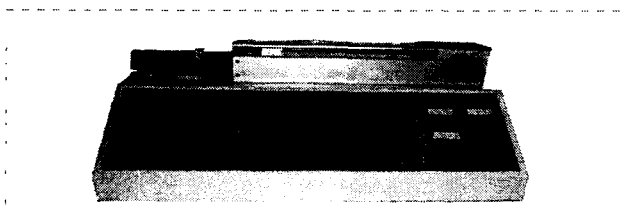


그림 2 AC 서보 시스템의 장치 구성  
Fig. 2 Configuration of AC servo system

그림 2의 AC 서보 시스템은 직선운동과 회전운동을 하도록 구성된 기계, AC 서보 모터부로 구성된 기계부와 AC 서보모터를 구동하고, 모터를 구동하는 서보 드라이브 및 각종 신호 커넥터가 있는 전기부로 구성되어 있다. AC 서보 시스템을 구동하기 위한 신호는 표 2와 같다.

표 2 AC 서보 시스템 구동용 신호  
Table. 2 Drive signal of AC servo system

신호종류	신호에 대한 설명
모터입력신호 (+)	모터의 속도 지령
모터입력신호 (GND)	모터의 속도 지령 기준점
엔코더 A	모터의 엔코더 출력 A상
엔코더 $\bar{A}$	모터의 엔코더 출력 $\bar{A}$ 상
엔코더 B	모터의 엔코더 출력 B상
엔코더 $\bar{B}$	모터의 엔코더 출력 $\bar{B}$ 상

### 3. 'AC 고속설계 시스템'의 구동 및 실험

#### 3.1 AC 서보 시스템의 전달함수

그림 3은 모터 입력신호를 인가하기 위하여 RG-DSPIO 보드의 Analog output0를 이용하고 모터의 엔코더 출력을 PC로 궤환하기 위하여 Encoder0를 이용한다.

Analog out0와 Encoder0는 SIMTool의 통신블럭에 포함되어 있으며 Analog output0의 경우 출력을 -10 ~ +10V로 설정하고 Encoder0의 경우 4채배로 설정한다.

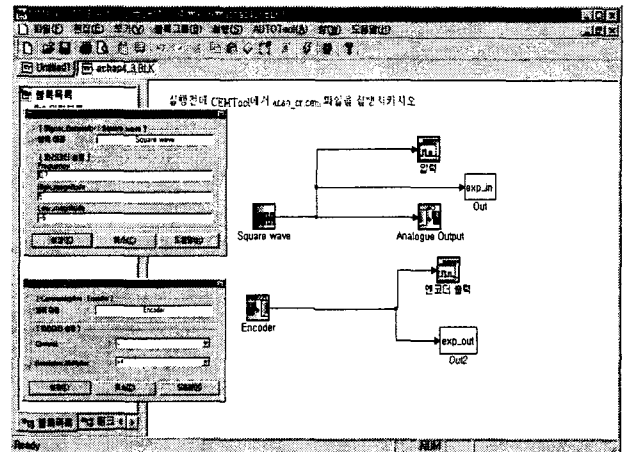


그림 3 AC 서보 모터의 입출력 데이터를 구하기 위한 블록 구성

Fig. 3 Block configuration for acquiring input/ output data of AC servo motor

시스템 블록의 구성후 AUTOTool을 이용하여 C 코드를 생성한 후 RG-DSPIO 보드로 프로그램을 전송하여야 한다. AUTOTool 메뉴의 'C 코드 보기

'를 누르면 구성된 시스템 블록의 C 언어 코드가 확인 가능하다. 그림 4는 AUTOTool을 실행하고 C 언어 코드를 확인하는 그림이다.

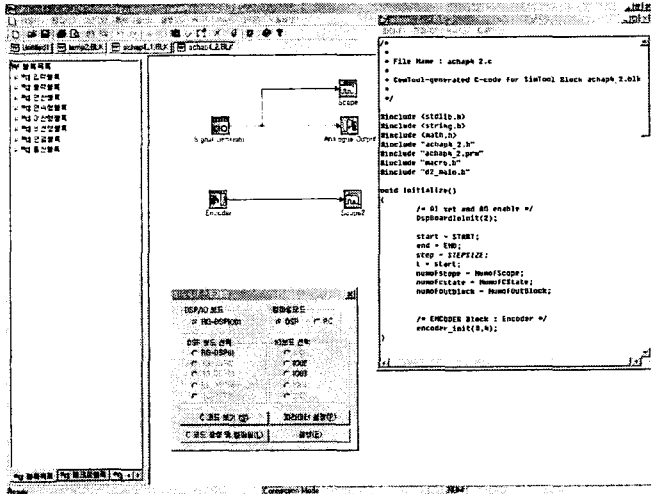


그림 4 AUTOTool의 실행 모습  
Fig. 4 Execution view of AUTOTool

AC 서보 시스템의 수학적 모델을 구하기 위해서는 SIMTool을 이용하여 데이터를 취득한 후 취득한 데이터를 CEMTool을 이용하여 시스템 식별 (System Identification)을 하여야 한다. CEMTool에서 제공하는 시스템 식별함수는 "acsv\_id"이며 식별된 전달함수 모델의 분모항의 차수, 분자항의 차수, 하드웨어 실험을 할 때 사용된 sampling time이 필요하다. 그림 5는 전달함수 모델을 구하기 위한 입출력 데이터이다.

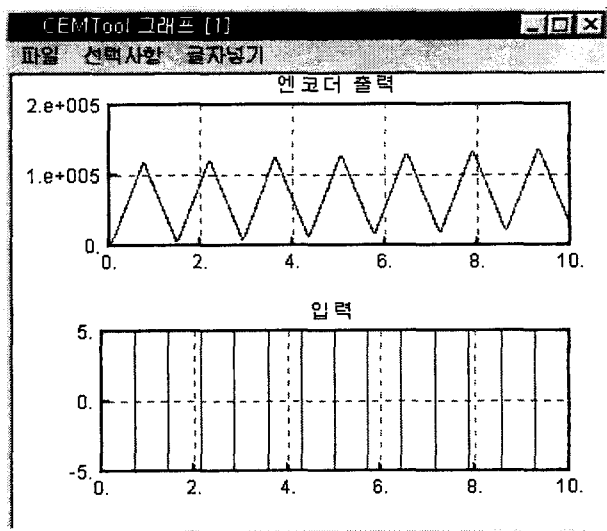


그림 5 시스템 식별을 위한 입출력 파형  
Fig. 5 Input/Output waveform for system identification

시스템 식별을 통하여 얻은 전달함수를 이용하여

얻은 모델을 바탕으로 모의실험을 수행한 후 실제 실험과 비교하여 보면 그림 6과 같은 결과를 얻을 수 있다.

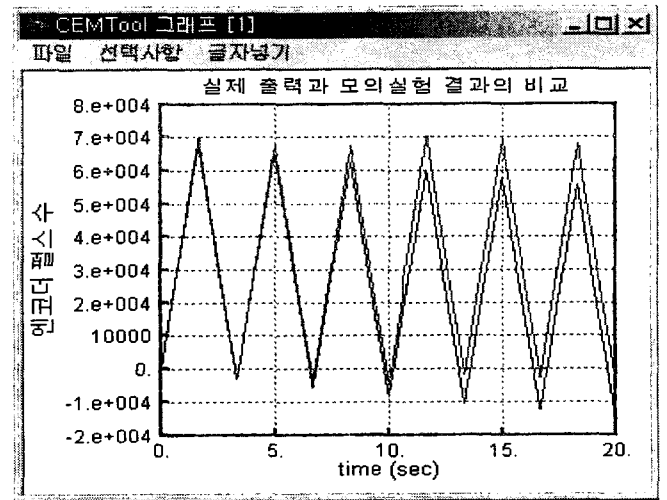


그림 6 실제 실험과 모의실험 결과 비교  
Fig. 6 Comparison between experimental result and simulation result

### 3.2 'AC 고속설계 시스템'의 속도 제어기 구성

AC 서보 시스템 내부에는 CSMJ-01BX2라는 위치/속도/토크 제어형 삼성 서보팩이 내장되어 있다. 삼성에서 제공하는 SmartJog 소프트웨어를 이용하여 서보팩과 PC간의 통신이 가능하며 사용자 정수를 변경할 수 있다.

초기의 서보팩 설정은 속도형 모드로 되어 있으나 이를 토크형 모드로 변경한 후 그림 7과 같이 속도 제어기를 구성할 수 있다.

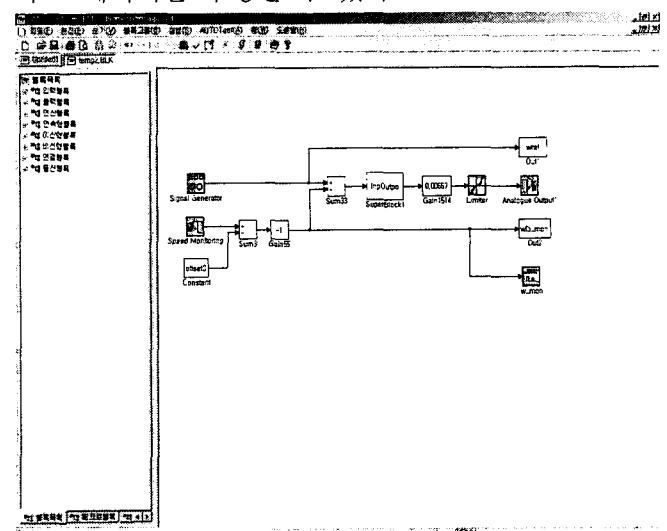


그림 7 속도 제어기 블록 구성  
Fig. 7 Block configuration of speed controller

그림 8의 속도 제어기 응답은 지령을 2초마다

-2000[rmp]과 +2000[rmp]으로 주었을 때의 결과이다.

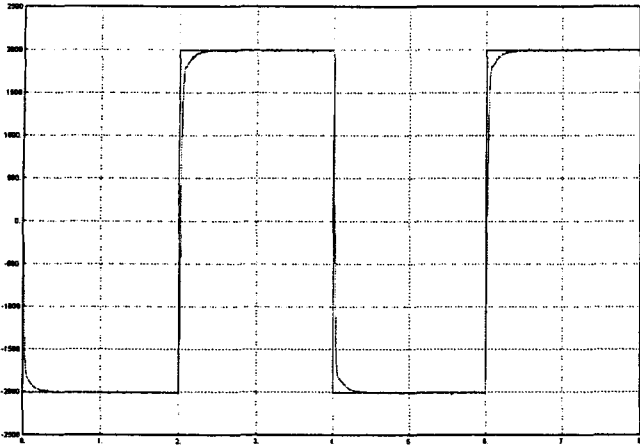


그림 8 속도 제어기 응답  
Fig. 8 Response of speed controller

#### 4. 속도 관측기를 사용한 속도제어기 실험

AC 서보 시스템의 속도제어기를 구성할 때 필요한 상태변수를 궤환하여 사용하는 것이 일반적이나, 많은 경우에 모든 상태변수를 전부 측정할 수 있는 것은 아니다. 실제로 상태변수를 측정하는 센서가 고가이어서 실용적으로 사용하기가 곤란하거나, 물리적으로 필요한 상태변수를 측정할 수 없기 때문이다. 여기서는 AC 서보 시스템의 위치 및 속도 측정용 센서로 광학식 엔코더를 사용하는 경우, 엔코더 신호의 노이즈 및 속도 측정 방식의 문제점을 개선하는 속도관측기를 사용한 속도제어기의 설계에 대해서 설명하고자 한다.

그림 9는 엔코더 펄스를 이용한 평균 속도 측정 방식에 의한 속도제어기의 응답과 엔코더 펄스에 의한 위치 신호를 출력으로 하고 전동기 토크 지령 신호를 입력으로 하는 전차원 속도관측기의 성능을 살펴보기 위해서 구성한 SIMTool 상의 제어블록도이다. 그림 10은 엔코더 펄스를 이용한 평균 속도 측정 방식에 의한 속도제어기의 응답과 속도제어시 관측기의 위치 및 속도 추정 응답을 보여주고 있으며 둘다 매우 양호한 것을 보여 준다.

그림 11은 엔코더 펄스를 이용한 평균 속도 측정 방식에 의한 속도제어기 설계에 대한 대안으로서, 속도관측기를 사용한 속도제어기의 설계 및 응답을 살펴보기 위해서 구성한 SIMTool 상의 제어블록도이다. 그림 12는 속도관측기를 사용한 속도제어기의 응답과 속도제어시 관측기의 위치 및 속도 추정 응답을 보여주고 있으며 역시 매우 양호한 것을 보여 준다. 그림 10과 그림 12를 비교하여 보면, 역시 전차원 속도관측기의 위치 및 속도 추정 응답은 매우

양호한 것을 알 수 있고, 속도제어기의 응답 역시 그림 10에서 나타났던 정상상태에서의 속도 궤환 신호의 맥동이 속도 관측기를 사용하여 제어를 설계한 결과 많이 개선된 것을 볼 수 있었다. 무엇보다도 이러한 실험 모두를 DSP를 사용하는 고속 설계제어기를 사용하여 짧은 시간안에 매우 편리하게 구현할 수 있었다.

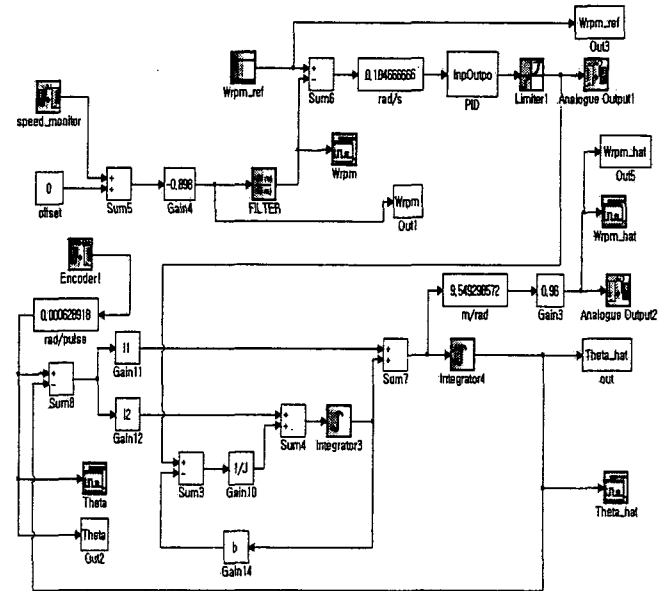


그림 9 엔코더 속도제어기에 의한 속도관측기 설계  
Fig. 9 Design of speed observer by speed controller using encoder

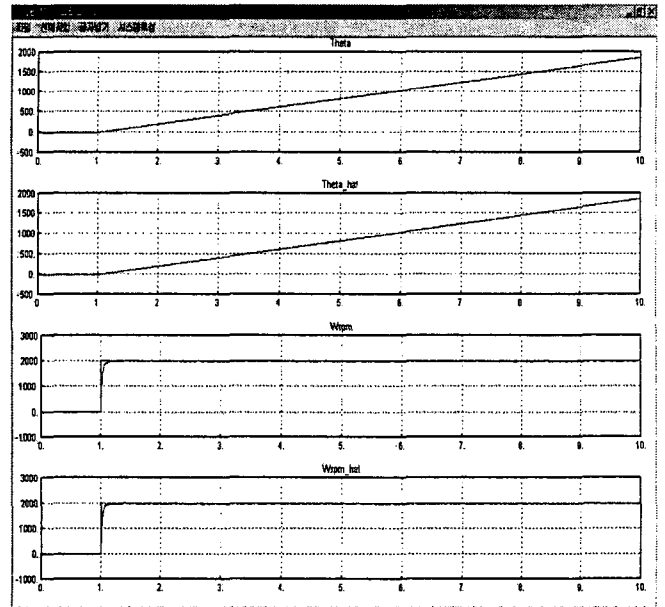


그림 10 엔코더 속도제어기에 의한 속도관측기 응답  
Fig. 10 Response of speed observer by speed controller using encoder

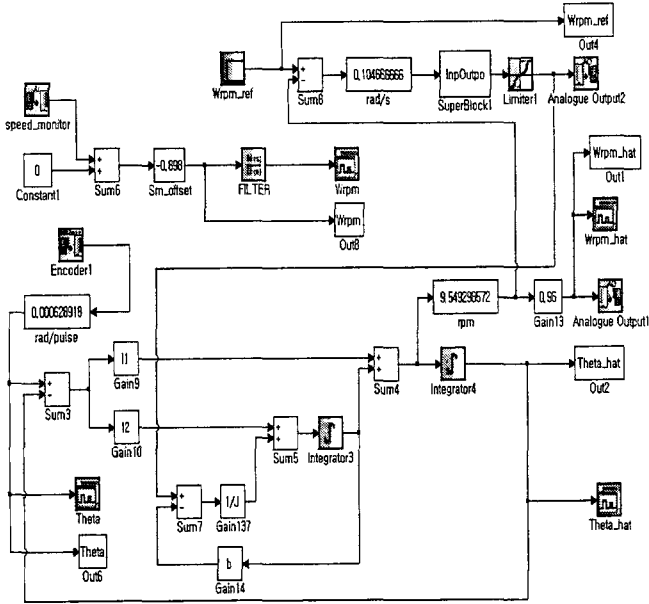


그림 11 속도관측기를 사용한 속도제어기 설계  
 Fig. 11 Design of speed controller using speed observer

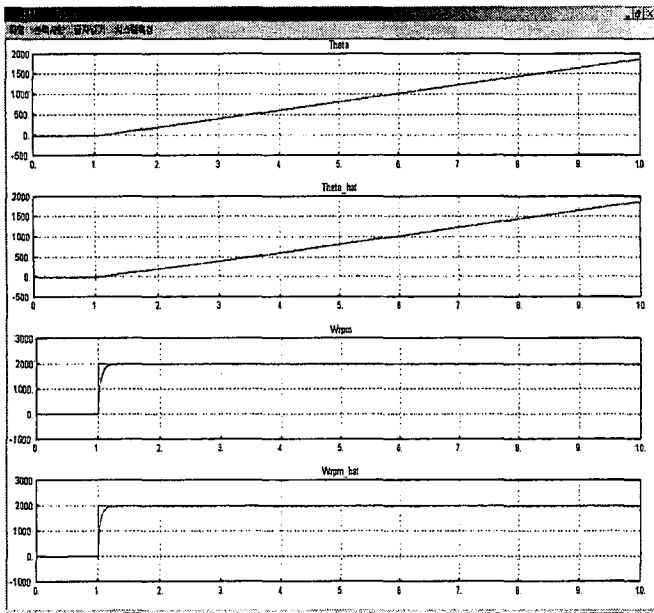


그림 12 속도관측기를 사용한 속도제어기 응답  
 Fig. 12 Response of speed controller using speed observer

### 5. 결 론

지금까지 리얼계인사의 'AC 고속설계 시스템'의 구성과 속도제어기 설계에 대한 활용 예를 살펴보았다. 기존에는 제어 시스템 개발을 위하여 시스템 모델을 바탕으로 모의실험을 행하고 시스템을 확인한 후 각각의 하드웨어에 맞추어 C언어를 이용하여 큰 프로그램을 장기간에 걸쳐 개발을 진행하여 왔

지만 'AC 고속설계 시스템'을 이용한 경우 제어 시스템의 개발 속도가 상당히 향상되었다. 또한 제어 기술을 처음 습득하는 학생들에게 좋은 교육 자료가 될 것으로 사료된다.

이 논문은 한국과학재단 지정 순천향대학교 차세대BIT 무선부품연구센터(20040179)의 연구비 지원에 의한 것입니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 설승기, "전기기기제어론", pp. 46-127, 2002년
- [2] Gene F.Franklin, "동적시스템제어", 2002년
- [3] B.C.Kuo, "자동제어", 1998년
- [4] 리얼계인(사), "자동제어 실험 실습 - AC 서보 고속 설계시스템 활용"
- [5] 리얼계인(사), "고속설계제어기(RG-01D) 활용"
- [6] 리얼계인(사), "CEMTool 5.0 사용자 안내서"
- [7] 리얼계인(사), "SIMTool 4.0 사용자 안내서"
- [8] 리얼계인(사), "System Identification Toolbox For use with CEMTool User's Guide"
- [9] 삼성, "CSDJ PLUS SERIES Servo Drive 사용자 메뉴얼"
- [10] 삼성, "SmartJog 사용자 메뉴얼"