

## 인터넷 Web 기반의 서보모터 실시간 원격 PID 제어 시스템

홍상은·강훈석·이태봉  
순천향대학교 정보기술공학부

### Internet Based of Direct Current Motor Real Time Remote PID Control System

Sang-Eun Hong · Hoon-Suk Kang · Tae-Bong Lee  
Division of Information Technology Engineering, College of Engineering, Soonchunhyang University

**Abstract** – 인터넷의 급속한 보급으로 인해 데이터 전송 시 발생하는 공간상의 제약을 쉽게 극복할 수 있게 되어 전 세계 어디서든지 데이터를 주고받을 수 있게 되었다. 이러한 인터넷 웹기반의 장점을 살려서 그동안 실험 연구용으로 사용하던 서보시스템의 PID 제어방법을 인터넷을 기반으로 한 원격제어 시스템으로 구현하였다.

본 논문에서는 DC 서보 모터와 모터 제어 보드, NI사의 DAQ, PC로 시스템을 구현하였다. UI(User Interface)는 LabVIEW 프로그램을 이용하여 GUI(Graphical User Interface)로 DC 서보 모터의 제어와 작동상태의 모니터링이 용이하도록 하였고, 최적의 PID 이득값을 설정하여 원하는 속도 응답 특성이 양호한 제어를 할 수 있게 하였다. 더 나아가 PID 제어 방법을 원격 실시간의 가상 실험이 가능한 e-Learning에 적용할 수 있음을 확인하였다.

## 1. 서 론

오늘날 각종산업분야, 연구소, 학교뿐만 아니라 대부분의 가정에까지 인터넷의 보급이 일반화 되면서 데이터 전송 시 발생하는 공간상의 제약을 쉽게 극복할 수 있게 되었다. 이미 공장과 등과 같은 산업현장에서는 작업현황을 확인하기 위해 네트워크를 통한 모니터링을 수행하고 있으며, 인터넷 접속이 가능한 곳이라면 어디서나 현장의 상황을 접查明할 수 있으므로 시간적이나 공간적으로 많은 효율성을 기대할 수 있게 되었다.

인터넷의 발전과 더불어 컴퓨터의 성능이 눈이 부시게 발달하면서 PC를 이용한 산업자동화는 프로세스 자동화, 공장 자동화 등 광범위한 자동화 영역에 사용되고 있다. 이러한 인터넷 일반화된 보급과 고성능의 컴퓨터를 토대로 연구 및 교육용 시스템들이 많이 선보이고 있다. 네트워크를 통하여 직장 내 교육 훈련(OJT[On-the-Job Training]), 산업체와 학교와의 연계 교육 프로그램 등이 그 예이다.

본 논문에서는 이러한 인터넷과 고성능 컴퓨터를 활용하여 LabVIEW를 사용하여 작성한 VI프로그램을 Web 상에 올리고 우리에게 친숙한 인터넷 환경인 Explorer에서 PID 제어기술을 이용하여 모터의 속도와 위치 제어하고 그 결과를 실시간으로 모니터링 하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 시스템 구성

시스템의 전체적인 구성은 그림 1과 같다. 서버 컴퓨터로 DAQ보드를 통해서 DC Servo Motor를 제어하게 되고, 서버 컴퓨터에서 Web 서버를 열면 클라이언트 컴퓨터에서 서버 컴퓨터의 URL로 접속하게 된다. 클라이언트 컴퓨터는 최대 50대까지 동시에 접속이 가능하며, 제어 모드에서의 제어권한은 마지막에 접속한 클라이언트

컴퓨터가 가지게 된다.

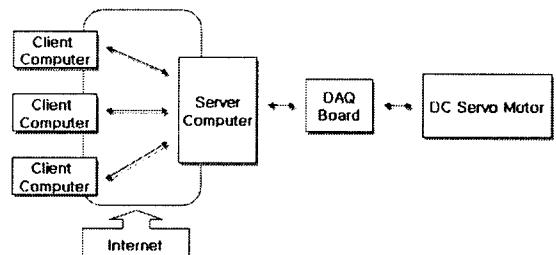


그림 1 전체 시스템 구성도

### 2.1.1 속도제어 블록도

기본적인 속도제어 루프를 도식화하면 그림 2와 같다. 본 논문에서는 속도 제어 루프에서 검출기와 제어기를 컴퓨터를 이용하여 설계 하였고, 컴퓨터에 연결된 DAQ보드를 이용하여 모터 제어 보드의 입력으로 전달되게 된다. FeedBack은 모터 제어 보드 검출기의 출력값을 DAQ보드로 받아서 컴퓨터로 전달 되게 된다. 여기서 구동부와 센서부를 제외한 error amplifier와 PID controller 부분 및 set point 부분은 PC 상에서 구성하였다. PC와 하드웨어간의 인터페이스 부분은 DAQPad-6020E 보드 구성하였다. 속도검출기는 크게 엔코더와 타코미터로 구분하는데 본 논문에서는 타코미터를 사용하였다.

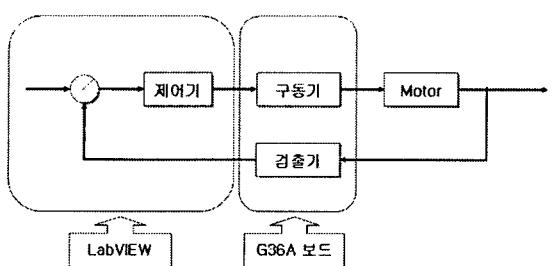


그림 2 기본 속도제어 루프

### 2.1.2 위치제어 블록도

위치제어 블록도를 도식화하면 그림 3과 같다. 위치제어 루프는 속도제어 루프의 상위 제어 루프로서 위치제어 루프의 출력이 속도제어 루프의 입력이 된다. 본 논문에서는 포텐시오미터를 사용하여 위치검출을 하였다.

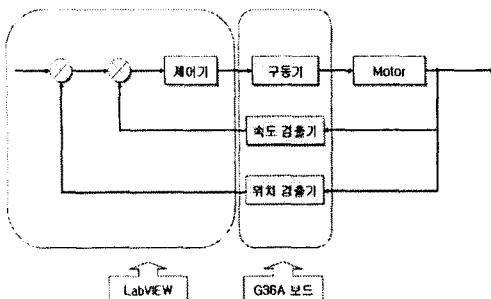


그림 3 기본 위치제어 루프

## 2.2 Servo Motor

실험용으로 사용한 DC Motor의 변수와 상수는 다음과 같다.

- 회전자의 관성 모멘트 ( $J$ ) =  $5.18 \times 10^{-6}$  [kg $\cdot$ m $^2$ ]
- 토크 정수 ( $K = K_e = K_t$ ) = 0.046 [Nm/A]
- 전기자 저항 ( $R$ ) = 5.5 [ $\Omega$ ]
- 전기자 인더턴스 ( $L$ ) = 2.2 [mH]
- 입력 ( $V$ ) = 24 [V]

## 2.3 DAQ보드

DAQ 시스템의 기본적인 일은 물리적 신호를 측정하거나 발생하는 것이다. 일반적으로 DAQ보드는 A/D변환, D/A변환, Digital I/O, 카운터/타이머를 할 수 있도록 다양한 기능을 갖고 있다. DAQ보드는 Differential, Nonreference Single Ended Mode, Reference Single Ended의 세가지 입력 모드가 있다. 본 논문에서는 외란에 상대적으로 강한 Differential 모드를 선택하였다.

## 2.4 프로그램(GUI)

LabLIVE를 이용하여 GUI (Graphical User Interface)를 구현하였다. 그 기능은 제어 모드의 선택과 실시간 모니터링 및 PID이득값, SetPoint의 조정이 된다. 프로그램은 다음과 같다.

### 2.4.1 Front Panel

Front Panel은 프로그램 실행시 사용자가 모니터링 및 모터 제어를 할 수 있는 UI로써 그림 4와 같다.

Front Panel의 구성을 보면 제어모드 선택, Tacho Input 채널 선택, 포텐셜 Input 채널, Output 채널, PID gain 설정, 모터 status Chart, RPM 설정 knob, Angle 설정 Knob으로 되어 있다.

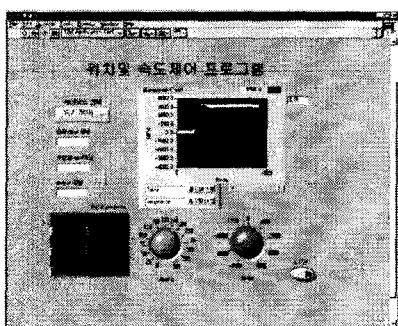


그림 4 Front Panel(Server측)

### 2.4.2 속도제어 Block Diagram

속도제어 Block Diagram은 프로그램의 속도제어부 소스 코드에 해당되며 그림 5와 같다. 속도제어 Block

Diagram의 기본 동작은 제어모드에서 “속도제어”를 선택하였을 때 실행이 되게 된다. 타코메터값과 Set Point의 값을 받아 오차를 계산하고, 이를 PID 연산 후 Output 채널을 통해서 DAQ 보드로 출력된다.

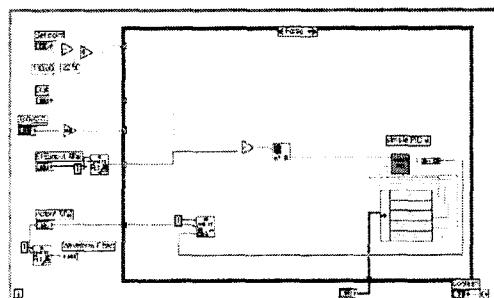


그림 5. 속도제어 Block Diagram

### 2.4.3 위치제어 Block Diagram

위치제어 Block Diagram의 기본 동작은 위치제어 모드에서 동작하며, 포텐셜 Input 채널 값과, Angle 설정 값, 타코 Input 채널 값을 받아 위치 오차를 계산하고, 이를 PID 연산 후 Output 채널을 통해서 DAQ 보드로 출력되며, 그림 6과 같다.

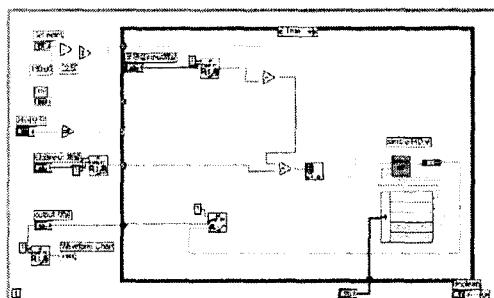


그림 6. 위치제어 Block Diagram

### 2.5 PID 제어 원리

PID제어는 기본적으로 검출부에서의 입력값과 Feedback 값의 편차에 대하여 비례, 적분, 미분 형태의 제어를 하는 것이다. 수학적 표현은 다음과 같다.

$$U(t) = K_p [ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_{-\infty}^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} ]$$

### 2.5.1 PID Block Diagram

Front Panel의 P, I, D gain 설정값을 받아서 연산을 하게 된다. 속도 제어시 P=1.3, I=1.1, D=0.024로 설정 하

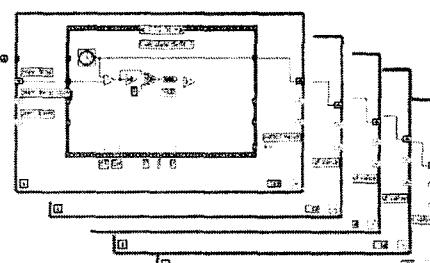


그림 7 PID VI의 Block Diagram

였고, 위치 제어시에는  $P=6$ ,  $I=15$ ,  $D=0.25$ 로 설정하였다. PID VI의 Block Diagram은 그림 7과 같다.

#### 2.4.4 시스템의 VI Hierarchy

Block Diagram이 프로그램의 부분을 보여주었다면, VI Hierarchy는 전체적인 시스템의 계층적 구조를 보여 준다. 본 논문의 전체적인 프로그램의 VI 구조와 PID VI의 계층적 구조는 그림 8과 같다.

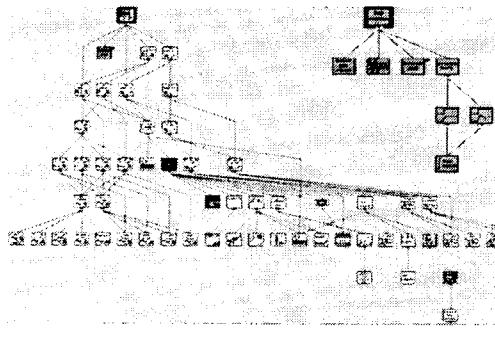


그림 8 VI Hierarchy

#### 2.6 인터넷 환경 설정

인터넷 환경 설정에는 Data socket, TCP/IP, Web으로 Control하는 3가지 방법이 있다. 본 논문에서는 Web을 이용한 방법을 선택하였다. Web을 이용한 설정은 Front Panel의 Web Publishing Tool을 이용하여 간단히 Server 구축이 가능하다. Web 서버를 이용하게 되면 Client 제어권을 모니터링, 모니터링+제어 2가지 방법으로 선택할 수 있다. 본 논문에서는 모니터링+제어 방법을 선택하였다. Client에서의 Web을 통한 VI 구성 방법은 정식 LabVIEW 버전을 사용하지 않고도 인터넷 상에서 다운로드 가능한 LabVIEW 리얼 타임 엔진만 온라인으로 설치하여 사용할 수 있다. LabVIEW 리얼 타임 엔진은 언제든지 Explorer창에서 원격으로 모니터링 및 제어가 가능하다는 장점이 있다.

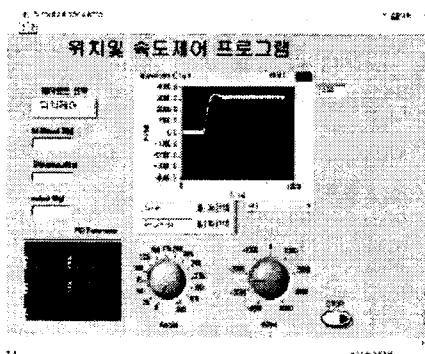


그림 9 Web상에서의 제어 화면(Client측)

#### 2.7 실험 결과

실험은 Server Computer에서의 속도제어와 위치제어, 그리고 Client Computer에서의 속도제어와 위치제어 각각에 대하여 PID 제어 특성을 실험하였다. 여기서 PID 이득 값의 동조방법은 Ziegler-Nichols 방법을 따랐다. Client Computer에서의 PID제어 실험은 학내 인터넷망을 이용하였다. 학내 인터넷망 이용시 트래픽 및 기타 인터넷 장애로 인한 시간 지연은 없었다.

#### 2.7.1 속도제어 특성 실험결과

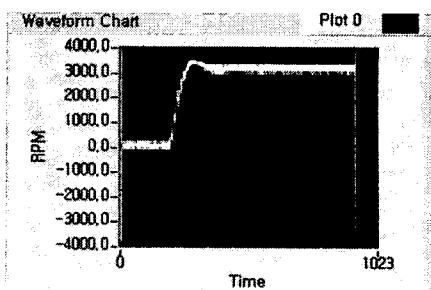


그림 10 속도제어에서의 응답곡선  
( $P=1.3$ ,  $I=1.1$ ,  $D=0.024$ )

#### 2.7.2 위치제어 특성 실험결과

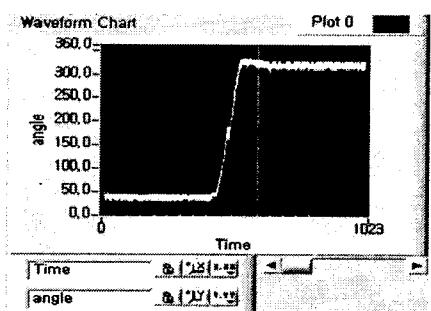


그림 11 위치제어에서의 응답곡선  
( $P=6$ ,  $I=15$ ,  $D=0.25$ )

### 3. 결 론

본 연구에서는 PID 제어알고리즘을 사용하여 Web을 이용한 DC Servo Motor Control System을 LabVIEW 프로그램을 이용하여 설계하였다. 또한 인터넷 Web을 이용하여 원격지에서 실시간으로 모니터링하여 제어가 됨을 확인하였다. Web상에서 원거리에 있는 시스템을 간편하게 제어가 가능해짐에 따라 일반 산업체에서도 시스템을 보다 효율적으로 제어할 수 있다. 또한 이를 DC 서보 모터의 PID제어 실습에 관한 교육용(e-Learning) 프로그램으로 활용을 하게 되면 실습 장비가 완전히 구비되지 못한 실습실이나 실습장비가 구비된 실습실까지의 거리가 먼 곳에서도 얼마든지 인터넷을 이용한 원격 실습이 가능함을 보였다.

본 논문의 보안점으로는 인터넷 사용에 있어서 통신의 신뢰성을 높여야 한다. 또한 프로그램에서의 출력 변화와 DAQ보드에서 Motor로의 출력사이에 약간의 시간 딜레이가 있기 때문에 정밀제어에는 부적합하다. 입, 출력의 시간 딜레이를 줄여서 정밀도를 높여야 한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Jeffrey Travis, "Internet Applications in LabVIEW", PHPTR, pp.195-227, 2000
- [2] 김재윤, "가상 계측장비를 이용한 인터넷 기반의 직류전동기 원격제어에 관한 연구", 순천향대학교 공과대학 학위논문, 2004.
- [3] 강훈석, 김도형, "DAQ보드를 이용한 DC모터 속도 제어", 순천향대학교 공과대학 학위 논문, 2002
- [4] 아경산업 자동화연구소, "서보모터 제어이론과 실습", 성안당, pp.210-221, 1997
- [5] 이병숙, 이영진, 최성주, "LabVIEW를 이용한 기초공학실험", Ohm사, pp.179-201, 2004