

웹을 이용한 PID 자동 동조형 서보시스템의 구현

홍상은 · 이태봉

순천향대학교 정보기술공학부

seghong@sch.ac.kr · swdesignjjang@hotmail.com

Implementation of Servo System for PID Autotuning using Internet based Web

Sang-Eun Hong · Tea-bong Lee

Division of Information Technology Engineering, College of
Engineering Soonchunhyang University

요 약

현재 산업용 장비의 운용은 작업자가 장비를 사용하는 현장에 상주하며 관리하는 형태로 되어 있다. 그러나 이러한 거리와 시간의 제약은 실제 자동화의 실현에 큰 장애가 되고 있다. 현재 우리는 컴퓨터 네트워크의 급속한 발달로 인터넷을 통해 거리에 상관없이 세계 어디와도 데이터를 주고 받을 수 있다. 이러한 기술을 산업용 장비에 응용함으로써 거리의 제약을 극복하여 생산 현장의 효율성을 증가시킬수 있다. 본 논문의 목적은 DC 서보모터의 제어를 자동 동조형 제어기로 설계하고 이를 웹을 이용하여 원격으로 사용자가 제어할수 있도록 하는데 있다. 개발 시스템의 구동 소프트웨어는 자동화 시스템의 다양한 분야에서 사용되는 그래픽 언어형식의 LabVIEW를 사용하였으며, 자동 동조방식은 릴레이 자동 동조법을 사용하였다.

1. 서 론

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 Web상에 올리고 우리에게 친숙한 인터넷 환경인 Explorer에서 PID 제어기술을 이용하여 모터의 속도와 위치 제어하고 그 결과를 실시간으로 모니터링하고자 하며, 나아가 웹을 이용한 DC서보모터의 학습용 프로그램으로 활용하고자 한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

시스템의 전체적인 구성은 <그림 1>와 같다. 서버 컴퓨터로 DAQ보드를 통해서 DC Servo Motor를 제어 하게 되고, 서버 컴퓨터에서 Web 서버를 열면 클라이언트 컴퓨터에서 서버 컴퓨터의 URL로 접속하게 된다. 클라이언트 컴퓨터는 최대 50대까지 동시 접속이 가능하며, 제어 모드에서의 제어권한은 마지막에 접속한 클라이언트 컴퓨터가 가지게 된다.

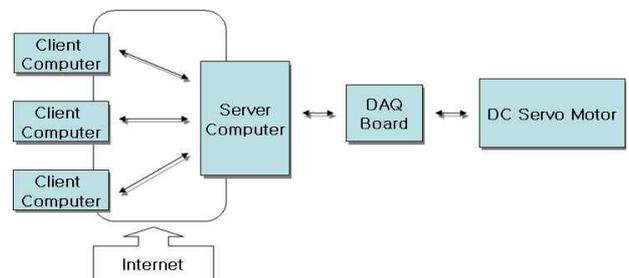


그림 1. 전체 시스템 구성도

2.1.1 Servo Motor

실험용으로 사용한 DC Motor의 변수와 상수는 다음과 같다.

- 회전자의 관성 모멘트(J) = 5.18×10^{-6} [kgm²]
- 토크 정수 (K = K_e = K_t) = 0.046 [Nm/A]
- 전기자 저항 (R) = 5.5 [Ω]
- 전기자 인덕턴스 (L) = 2.2 [mH]
- 입력 (V) = 24 [V]

2.1.2 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.

2.2 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.

2.2.1 Front Panel

Front Panel은 프로그램 실행시 사용자가 모니터링 및 모터 제어를 할 수 있는 UI로써 <그림 2>와 같다. Front Panel의 구성을 보면 setpoint를 설정하는 부분과 출력부분 그리고 PID Gain값들을 설정하는 부분과 Autotuning 부분, 아날로그 입력 출력 채널 설정 부분, Device설정 부분이 있다. setpoint 부분은 ±10V를 입력 할 수 있도록 슬라이드 바를 위치하였고 waveform chart에 모터의 상태를 관찰 할 수 있게 하였다.

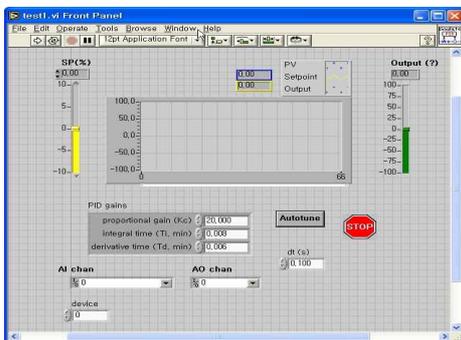


그림 2. 프론트 패널

2.2.2 Block Diagram

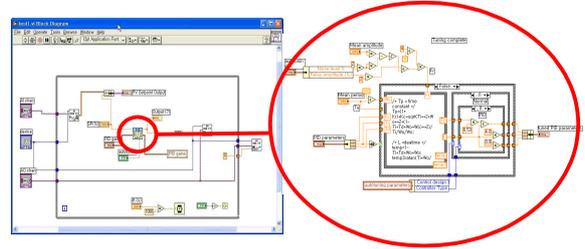


그림 3. System Block Diagram & 지글러-니콜스 계수조정 부분

일반적 프로그램의 소스 부분에 해당되는 부분으로써, 동작을 보면 Setpoint를 설정하면 Auto PID vi에 설정 값이 들어가고 PID 계산을 하여 출력으로 내보내며 Chart에 값을 뿌려주는 구조로 돼 있다. 릴레이 자동 동조방식은 기본적으로 지글러-니콜스 계수 조정법에 기반을 두고 있다. 수식 부분은 formula node를 사용하여 프로그램 하였다. default 파라미터를 입력받아 수식을 계산하여 동조된 파라미터로 값을 보낸다.

2.3 자동 동조형 제어기

자동 동조방법은 크게 모델이 주어지는 경우와 모델이 주어지지 않는 경우 두가지로 나뉜다. 모델이 주어지는 경우는 다시 극배치법, 극영점 상쇄기법, 최적화기법으로 나뉘며, 모델이 주어지지 않는 경우는 지글러-니콜스 조정법과 릴레이 자동 동조법으로 나뉘게 된다. 본 논문에서는 릴레이 자동 동조법을 사용하였는데, 이유는 동조과정이 간단하고 구현하기가 쉽다. 상대안정성의 척도인 위상여유를 고려하여 PID제어기의 계수를 조정하기 때문에 시스템의 상대안정성을 필요한 만큼 확보하고 견실성을 향상시킬 수 있기 때문이다.

2.3.1 릴레이 자동 동조법

릴레이 자동 동조법은 relay feedback에 의해 출력을 강제로 진동시켜서 출력이 발진할 때의 한계주기와 relay feedback 진폭 A_r과 출력 진폭 A_o으로부터 한계이득을 결정하는 방법이다.

- 한계주기 T_u : 진동출력의 주기

- 한계이득 K_u : $K_u = \frac{4A_r}{\pi A_o}$

- PID 제어기의 계수 선정 :

$$K_p = K_u \cos \phi_m$$

$$T_i = \frac{T_u}{4\pi} (\tan\phi_m + \sqrt{1 + \tan^2\phi_m})$$

$$T_d = \frac{T_i}{4}$$

- ϕ_m : 위상여유 ($\pi/6 \leq \phi_m \leq \pi/3[\text{rad}]$)

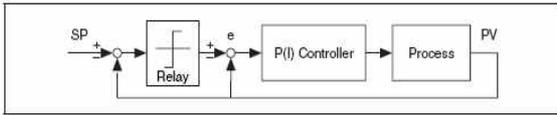


그림 4. setpoint relay autotune

2.4 시스템의 VI Hierarchy

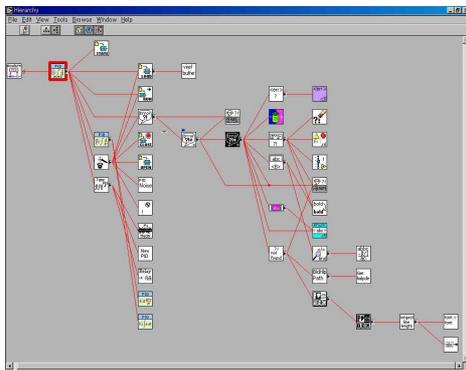


그림 5. Hierarchy

Block Diagram이 프로그램의 부분을 보여주었다면, VI Hierarchy는 전체적인 시스템의 계층적 구조를 보여준다. 본 논문의 전체적인 프로그램의 VI 구조와 PID VI의 계층적 구조는 <그림 5>과 같다.

2.5 Data Logging

실시간으로 계측된 데이터를 바탕으로 데이터 로깅도 가능하다. Setpoint와 PV값을 shift register를 사용하여 데이터 로깅을 하였다. 로깅한 데이터는 여러 가지 파일로 저장이 가능하나 엑셀파일로 저장을 하여 차트로 볼 수 있으며, <그림 6>과 같다.

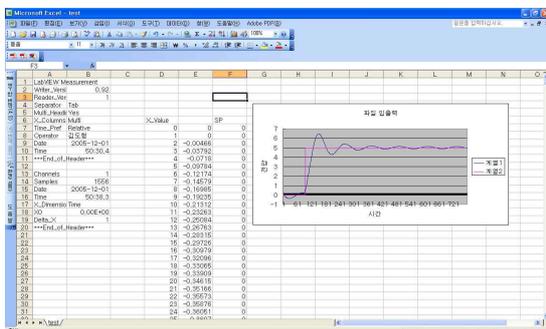


그림 6. Data Logging

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 Tool를 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 다운이 가능한 LabVIEW 리얼 타임 엔진만 온라인으로 설치하여 사용할 수 있다. LabVIEW 리얼 타임 엔진은 언제든지 Explorer창에서 원격으로 모니터링 및 제어가 가능하다는 장점이 있다.

2.7 실험 결과

실험을 3가지로 비교해보았는데, 첫 번째는 동조가 정확

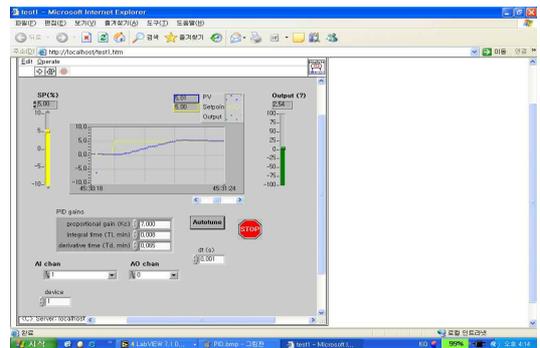


그림 6. web상에 올린 vi 프론트패널(client측)

하게 되었는지 게인 값을 주지 않고 실행해보고, 두 번째로는 경험에 의한 방법으로 Gain값을 주고 실행하고, 세 번째로 자동동조방법으로 설정된 Gain값으로 서보모터를 구동해서 비교 하였다. 2000rpm까지의 각각의 응답 시간은 1초, 0.25초, 0.30초이다. 두 번째 방법이 자동 동조방법보다 0.05초 정도 빠르지만 10번의 반복 실행으로 얻은 값이다. 자동 동조방법에서 약간의 over, undershoot가 계속 발생하는 결과를 얻었는데 이 부분은 추후 좀 더 보완을 해야 할 부분이다.

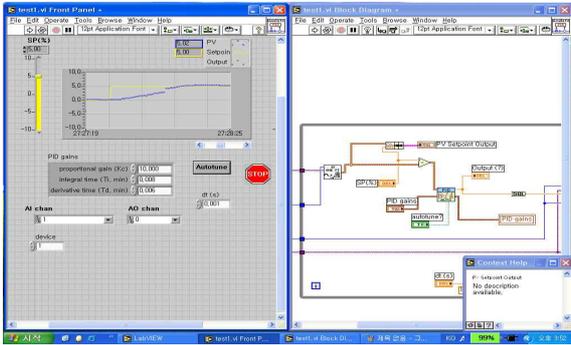


그림 7. Autotune 결과

- [4] 박진현, “릴레이를 이용한 온라인 공정 확인과 비례-적분-미분 제어의 자동 동조”, 포항공과대학 석사 졸업 논문, 1996

3. 결론

본 논문에서는 PC에서 DAQ보드를 이용하여 DC Motor의 자동 동조제어를 하였다. 간단하면서도 성능이 비교적 우수한 PID제어기는 Autotuning의 기능을 부가적으로 갖추게 되면 많은 경우에 쉽게 저렴한 가격으로 좋은 성능을 갖는 제어기로서의 역할을 할 수 있다. 자동 동조를 시험해본 결과 경험적인 방법보다는 자동 동조를 실행하여 얻은 Gain값이 좀더 유연하게 튜닝이 된다는 사실을 확인하였고, 경험적 방법을 동시에 수행하였을 때 최적의 결과값을 얻을 수 있음을 알았다. PC에서 LabVIEW 프로그램으로 제어기를 구성함으로써 기존에 하드웨어 제어기에 드는 비용을 줄일 수 있었고, 또 프로그램의 속응성에 의해 여러 가지 제어기를 간단한 프로그램의 조작으로 구성할 수 있다는 것을 알았다. 또한 원격제어를 시도하여 실시간으로 파형을 보면서 제어하는 방법으로 앞으로 산업체나 재택근무에서 분산제어가 가능하고 또는 학교 실험실에서 Data Logging를 토대로 e-learning 교육방법으로도 활용이 가능함을 확인하였다. 하지만 인터넷 사용에 있어서 통신의 신뢰성 문제와 PC기반 OS의 리얼타임 보장성 문제를 보완해야 할 것이다.

[참고문헌]

[1] Jeffrey Trayvis, "Internet Applications in LabVIEW", PHPTR, pp.195-2 27, 2000
 [2] Camila Andersson, Mirjam Lindgerg, "Autotuning of a PID-controller", Department of Automatic Control Lund Institute of Technology, 2004
 [3] 양대륙, "PID 제어기의 Autotuning", 화학공업과 기술 제12권, 1994