

## TCP/IP 기반 메카트로닉스 서보 시스템의 원격제어 구현

반세훈(\*), 김영근(\*), 정대원  
 호남대학교 전기공학과 석사과정(\*),

### TCP/IP Based Remote Control Implementation for Mechatronics Servo System

Se-Hoon Ban, Young-Gon Kim, Dae-Won Chung  
 Electrical Engineering Department, Honam University

**Abstract** - 상용화된 프로토콜인 TCP/IP에 기반한 원격제어시스템을 구현하였다. 본 논문은 서보시스템의 제어 파라미터 설정에서부터 통신 프로토콜 설계에 이르기까지 시스템 구성과 이를 구현하기 위한 방법을 소개하기 위해 작성되었다. 연구결과와 실험장치를 통해 그 성능을 평가하였으며 시간지연, 신호데이터의 정확성 및 사용의 편리성 등 모든 측면에서 괄목할만한 실험결과를 기록하였다. 본 논문의 성과는 유사한 서보시스템의 응용과 활용에 기여할 것으로 본다.

#### 1. 서 론

최근까지 메카트로닉스 서보시스템 개발에 관한 연구는 대부분 일반적인 목적과 용도에 사용되는 기계기구에 중점을 두고 있었다. 그렇지만 이동로봇을 비롯한 대부분의 기계기구는 다양한 소비자의 요구에 부응하여 원격제어가 가능한 시스템 개발의 필요성이 대두되고 있다. 원격제어는 인터넷 통신이 보편화됨에 따라 PC를 통해 기계기구의 움직임을 원격으로 쉽게 관찰하고 운전조건에 적합한 정밀제어를 구현함으로써 이러한 기술의 적용에 대하여 많은 관심을 일으키고 있다. 이를 위해 가장 필요한 요소는 네트워크간 상호 운용성이며, 표준화되고 개방된 방식의 통신 네트워크 구축이 요구된다. 산업체의 통신네트워크의 대부분이 CAN(Controlled Area Network)에 의해 표준화 되어 있어, 이를 산업현장이나 가정에서 원격으로 제어하기 위해서는 표준화된 상위계층의 네트워크 프로토콜을 지원하여야 한다. 하위계층의 네트워크 프로토콜 중에서 특히 TCP/IP의 경우에 인터넷의 급격한 발전과 함께 사실상의 표준으로 받아들여지고 있다.

따라서 본 논문은 정적 스케줄링 전략에 사용되는 비주기적인 태스크 발생시에 실시간성을 보장할 수 있는 대표적인 비주기 서버방식의 TCP/IP 프로토콜을 이용한 경우에 대한 실시간보정과 실시간 처리를 위한 Task Scheduling에 관한 데이터 처리방법에 관하여 연구를 수행한 결과를 중심으로 소개한다.

#### 2. 서보시스템의 제어 파라미터 설계

##### 2.1 부하모델

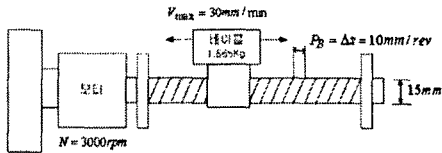
서보시스템의 최적 제어파라미터를 결정하기 위하여 서보전동기를 포함한 서보기구의 부하를 모델링하였다. 서보기구의 부하는 테이블 피드 기구로써 부하장치구동에 적합한 전동기 사양과 제어파라미터를 결정한다. 1축 직선운동계 관성계수를 전동기에 포함하여 구하면,

$$J_T = J_M + J_L = J_M + M \frac{v^2}{w_m^2} \quad (1)$$

여기서  $v$ 는 직선운동의 최고속도[mm/min],  $w_m$ 은 회전각속도[rad/sec],  $M$ 은 부하의 질량,  $J_M$ 은 전동기의 관성모멘트를 나타낸다. 이때 전동기의 적정 회전수는  $N = \frac{v}{P_B} = \frac{v}{\Delta s}$ 로써, 이를 부하관성계수로서 SI단위로

표현하면 다음과 같다.

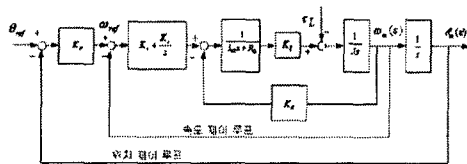
$$J_L = M \left( \frac{v}{600w} \right)^2 = M \left( \frac{1}{2\pi N} \frac{v}{10} \right)^2 = M \left( \frac{\Delta s}{20\pi} \right)^2 \times 10^{-4} \quad (2)$$



[그림 1] 서보기구의 테이블 피드 장치도

##### 2.2 제어기 설계 및 파라미터 설정

서보기구를 고려한 서보시스템의 블록선도는 그림2에 나타내었다. 그림에서 서보장치의 제어기는 속도제어 루프와 위치제어 루프를 종속으로 연결한 종속제어시스템을 구성하였으며, 위치제어기는 비례(P)제어를 속도제어기는 비례적분(PI)을 선정하였다. 이는 산업체의 표준형으로 채택하고 있는 형태이다. 최적제어파라미터를 결정하기 위하여, 속도제어 루프의 제어 사양을 다음과 같이 정의한다. 즉, 로봇공작기계를 비롯한 대부분의 기계류의 자유진동수는  $w_n = 300$  [rad/sec]를 갖고 있고, 속도출력의 오버슈트(overshoot)를 방지하기 위해 2차계의 계동계수( $\zeta$ )가 반드시 1보다 큰 값을 갖도록 해야 한다. 이 2가지의 제어사양을 만족하기 위한 속도 루프의 비례 및 적분계수를 구한다. 또한, 위치제어 루프의 이득은 속도제어 루프 이득의 1/4 정도가 되도록 설정함이 바람직하다. 이러한 조건으로부터 구한 제어기 파라미터의 값이 표 1에서 나타내었다.



[그림 2] 서보제어시스템의 블록 선도.

[표 2] 제어파라미터 설정치

파라미터	값	파라미터	값
$J_T$ [Kg m <sup>2</sup> ]	0.182x10 <sup>-4</sup>	$T_m$ [sec]	0.02
P [kW]	0.2	$K_I$	7650
N [rpm]	3000	$K_v$	8
$R_a$ [ $\Omega$ ]	2.07	$K_p$	2
$L_a$ [H]	0.0076	$K_e$	0.0076
$K_a$ [Kgcm/A]	4.25	$T_i$ [sec]	0.001

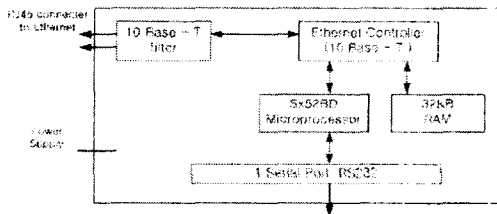
### 3. TCP/IP 인터넷 기반 원격제어시스템 구현

#### 3.1 TCP/IP 프로토콜 설계...

생산현장에서도 실시간 데이터 처리에 적용될 수 있는 네트워크 구축을 위해 TCP/IP 프로토콜을 적용한다. 이는 국제표준 OSI의 Transport 계층에 해당되는 프로토콜로서 실제 적용되는 것은 7-Layer중에서 실질적인 물리계층에서 Transport을 거치지 않고 바로 Application층으로 넘어가는 4-Layer 구조를 갖는다. 본 연구에서 적용한 계층간 통신을 위해 상용화된 프로토콜 변환기(HD-1320E)를 사용하였다. 이 변환기는 게이트웨이 설정과 각 IP간의 연계성을 설정하여주고 서버 드라이버에는 RS-232C 직렬통신을 가능하도록 하는 역할을 한다. 그림 3과 4는 HD-1320E의 TCP/IP 지원 계층도와 시스템 블록선도를 각각 나타내고 있다.

계		Hello Device 지원		
7	Application	RS232C 통신 인터페이스	서버용 지원	TCP/IP
6	Presentation			
5	Session			
4	Transport			
3	Network	TCP		UDP
2	Data Link			IP/ICMP
1	Physical Lay			ARC

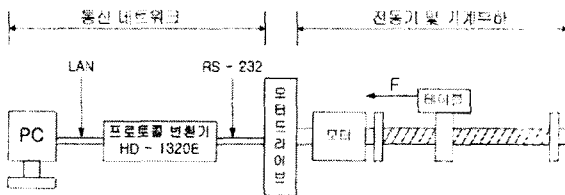
[그림 3] HD - 1320의 TCP/IP 지원계층 구조



[그림 4] HD - 1320의 시스템 블록도.

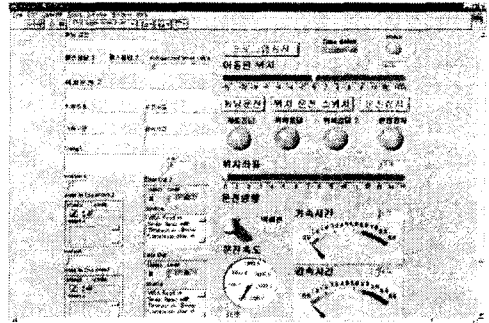
#### 3.2 원격제어시스템 구성 및 제어 명령어 설계.

전체적인 시스템의 구성은 PC에서 이더넷을 통해 인터넷에 연결하고 프로토콜 변환기를 이용하여 서버 모터 드라이버와 직렬통신을 수행한다. (그림 5 참조)

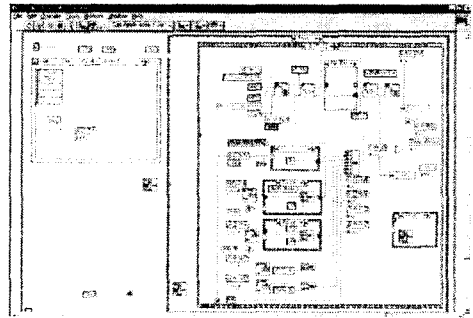


[그림 5] 원격 제어 시스템 구성도.

본 서보시스템의 원격제어를 위해 요구되는 운전지령은 크게 4가지 운전모드로 분류된다. 즉, 위치지령 운전모드, 비상정지 운전모드, 튜닝운전 모드 및 운전상태 감시 모드 등이다. 이들 각 운전 모드별 각 통신 프레임의 명령어구성 및 데이터는 서보모터 제작자 자료를 참조하여 구성하였다. 이와 함께 PC상의 운전 및 감시를 위한 소프트웨어구성과 설계는 상용화 소프트웨어인 LabVIEW를 이용하여 구현하였다. 그림 6과 7에서 LabVIEW운전 감시화면과 데이터 처리 프로그램의 구성을 각각 나타낸다. 특히, LabVIEW 프로그램은 Graphic 프로그램으로 구성되어 C언어로 된 Text형 프로그램에 비하여 데이터 처리과정을 그래프 형태로 확인할 수 있어 프로그램의 오류체크와 구조설계가 매우 용이한 장점을 갖고 있다.



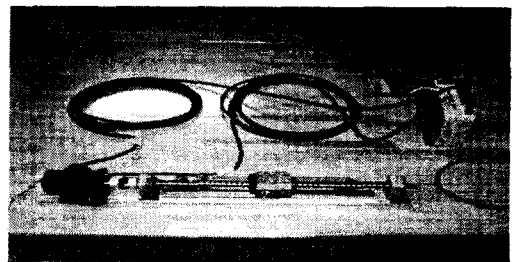
[그림 6] LabVIEW 감시 화면



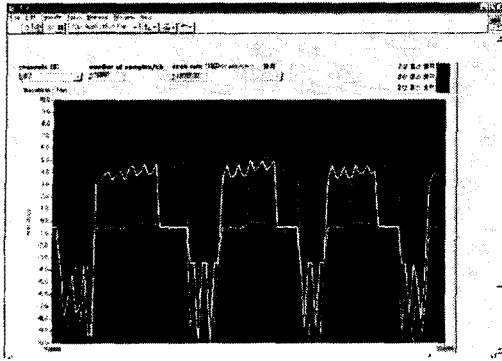
[그림 7] LabVIEW Data 처리 Program.

### 4. 실험 및 성능고찰

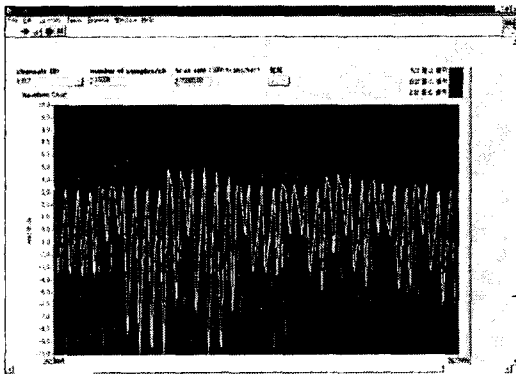
본 연구의 성능을 평가하기 위하여 원격운전시 운전지령에 따른 시간지연 현상, 송수신 데이터의 정확성 및 운전지령에 따른 운전모드 변환성 등을 중심으로 성능평가 실험을 수행하였다. 운전지령에 따른 시간지연 현상은 실시간 운전시스템에서는 매우 중요한 성능평가 항목으로 인정되지만, 본 연구에서 고찰된 시간지연은 1초 이내로 기록되어 그다지 문제가 되지 않음을 확인할 수 있었다. 그러나 운전 모드 변환시에는 시간 지연현상이 매우 심각하여 반드시 모든 동작이 완료된 이후에만 운전지령모드를 변환해야 함을 확인할 수 있었다. 또한, 송수신 데이터의 정확성은 운전 지령의 정확성과 부하 페드의 움직임을 엔코드의 디지털 신호로 입력되어, 이 데이터의 정확성을 체크하는 것이 매우 중요하다. 그림 8과 9에서 실험장치와 엔코드 펄스신호의 파형을 나타내고 있다. 또한, 사용자의 운전 편의성의 평가는 운전 감시화면의 적용성으로 평가되며, LabVIEW 프로그램은 이러한 측면에서 매우 우수한 평가를 받고 있다. 종합적으로 평가하여, 본 시스템의 구현은 성능적인 측면과 사용자의 편리성의 측면에서 매우 양호한 성능을 갖는 것으로 평가되고 있다.



[그림 8] 서보시스템 실험장치도.



[그림 9] 저속 정회전시의 인코더 펄스.



[그림 10] 고속 정회전시의 인코더 펄스.

### 3. 결 론

AC 서보제어 시스템을 인터넷에 기반하여 원격제어를 구현하기 위한 시스템 구성 및 설계 방법을 소개하였다. 이를 통하여 원격 제어를 위한 시스템 구성 방법 및 프로토콜의 기본 개념을 소개하였으며, 통신 환경구축에 있어서의 통신 변환기의 응용 방법 등을 소개하였다. 또한 LabVIEW를 활용하여 원격제어 및 감시를 위한 소프트웨어를 구하여, 설계의 편의성을 도모하였다.

향후 연구 과제는 프로그램 제작에 있어서 운전 프레임을 좀더 다양하게 설정한다면 여러 가지 운전 과정들이 가능하다는 것과 디바이스의 다양성 즉, 모터외의 장치를 구현하는데 있다. 또한, 1축 서보계에서 더 나아가 로봇 팔과 같은 다축 계열의 서보계를 구동시키는데도 응용하여 적용하는 연구가 진행되면, 더 나은 연구실적을 가질 수 있을 것으로 본다. 또한, 서보 드라이버의 응용성을 넓히기 위한 프로그램 개선도 필요하다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 편집부. 『제어용 모터의 기술 활용 매뉴얼』, 도서출판 세운, 1995년 2월.
- [2] 양승학, 정대원 역. 『모션 컨트롤』, 대영사, 2003년 2월.
- [3] 아경산업 편. 『소보 모터 제어이론과 실습』, 성안당, 1997년 6월.
- [4] 편집부. 『AC 서보 기술 교감도』, MITSUBISHI,
- [5] 김종식, 이민철 외 『제어 시스템 설계』, 청문각, 1997년.
- [6] 편집부. 『User Manual (APD-VS Standard Series)』, 메트로닉스,

- [7] 이석원, 강성귀, “TCP/IP를 이용한 필드버스 시스템 구현” KACC, October 1998, 684 - 687”
- [8] 이상협, 외 5명, “원격제어를 위한 임베디드 네트워크 시스템” 2000년도 대한전기학회 하계 학술대회는문집 2000. 7. 17-20, “ 2892 - 2894”
- [9] 김성환 외 3명. “AC서보 시스템에 대한 Back stepping 슬라이딩 모드 제어기 설계” 2003년 대한전기학회 하계 논문집 2003. 7. 21-23, “2248 - 2250”
- [10] 허경무 외 2명. 『DC 서보 제어기의 자동 설계 S/W 개발』, KACC, October 1999.
- [11] Paul A. Lynn. 『Digital Signal Processing』, wiley co., 2000.
- [12] WILLIAM STALLINGS. 『Data and Computer Communications』, PHIPE