

工學碩士 學位論文

LabVIEW를 이용한 원격 Motion
Control에 관한 연구

2002年 8月

釜慶大學校大學院

機 械 工 學 科

池 勉 虎

工學碩士 學位論文

LabVIEW를 이용한 원격 Motion
Control에 관한 연구

指導教授 權 純 在

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2002年 8月

釜慶大學校大學院

機 械 工 學 科

池 勉 虎

池勉虎의 工學碩士 學位論文으로 認准함

2002 年 7 月

主 審 工 學 博 士 安 斗 星 (印)

委 員 工 學 博 士 丁 永 錫 (印)

委 員 工 學 博 士 權 純 在 (印)

A Study on Remote Motion Control by using LabVIEW

Myun - Ho Jee

***Department of Mechanical Engineering
The Graduate School
Pukyong National University***

Abstract

Manipulators play an important role in leading the automation industry, and they allow more flexibility in work process in line with the expansion of factory automation. They are also increasingly used in a variety of areas.

However, there are limitations on the use of manipulators such as that workers need to be always present at the place where manipulators are used, and have to be additionally stationed when a new work process is begun, which hampers efficient management. Dangerous situations can also arise as the works become more difficult.

To solve these problems, active researches have been conducted recently on Telerobotics, the concept of which is controlling manipulator from remote places. In particular, there has been major progress on this in the medical arena, under the theme of remote operation. On the other hand, limits have been shown in applying

Telerobotics in the industrial sector such as processing and assembly factories.

The biggest obstacle in utilizing Telerobotics is that an exclusive line is necessary to connect the distant place and manipulator for the purpose of remote control. Moreover, installment of an exclusive line is limited to relatively short distance, as the installment entails more difficulties with longer distance and increasing installment cost.

In this regard, this paper is to suggest a method of utilizing ISDN and ADSL to control manipulators from remote places. As ISDN and ADSL are already widely used by the general public, using this network does not require additional cost. While this method of connecting to the Internet enables remote-control from any place around the globe, there can be a problem of delay in time. Server system controls the manipulator according to the content of the data pack received from the client system, surveys each motor by using DAQ cards, and stores data. At this point, the data collected and ordered are compared, and if the gap is greater than the permissible limit, then the data between that time and a certain time prior to that is retrieved from the client server and sent to the user. The user can then determine the state of the far-off manipulator. As such, LabVIEW Server System can be used as a database.

The purpose of this paper is to suggest a methodology of factory automation by using LabVIEW to control and monitor actuators, which are the basis of controlling manipulators, from distant places.

목 차

Abstract	i
목 차	iii
표 및 그림 목차	v
제1장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적 및 내용	4
제2장 원격제어 시스템 및 관련기술	6
2.1 원격제어 시스템	6
2.2 마스터/슬레이브 시스템	7
2.3 인터넷의 활용	9
제3장 시스템의 구성	11
3.1 전체 시스템의 개요	11
3.2 하드웨어 구성	13
3.2.1 AC Servo Motor 및 Driver	15
3.2.2 DAQ Card 및 Interface Card	17
3.3 소프트웨어 구성	21
3.3.1 LabVIEW의 개요	21
3.3.2 Server측 프로그램	24
3.3.3 Client측 프로그램	26

제4장 실험 및 결과	27
제5장 결론	34
참고문헌	36

표 및 그림 목차

표 3-1	User Parameter	16
그림 2-1	마스터/슬레이브형 원격제어 시스템	7
그림 3-1	전체 시스템의 개략도	11
그림 3-2	X-Y 플로터	12
그림 3-3	전체 시스템의 모습	14
그림 3-4	AC Servo Motor	15
그림 3-5	AC Servo Motor Driver	16
그림 3-6	PCI-MIO-16E-4의 외관	17
그림 3-7	PCI-MIO-16E-4의 I/O	19
그림 3-8	Interface Card	20
그림 3-9	Front Panel	22
그림 3-10	Block Diagram	23
그림 3-11	Server 프로그램	24
그림 3-12	Client 프로그램	26
그림 4-1	NC 코드의 형상 모델링	28
그림 4-2	예상경로와 실제경로의 비교 모습	29
그림 4-3	원격지에서 본 예상경로와 실제경로의 비교 모습	29
그림 4-4	NC 코드의 형상 모델링	31
그림 4-5	예상경로와 실제경로의 비교 모습	32
그림 4-6	원격지에서 본 예상경로와 실제경로의 비교 모습	32

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

오늘날 자동화 산업 부분에서 원격 제어, 원격 모니터링 및 원격 유지 보수 등은 아주 중요한 부분을 차지하고 있다. 그리고 Manipulator는 자동화 산업을 이끌어 나가는데 결정적인 부분을 차지하고, 공장 자동화의 공정 확산에 따라 유연성을 가지며 다양한 분야에서 널리 사용되고 또 발전하고 있다. 그리고 최근 인터넷의 급속한 보급으로 인해 데이터 전송시 발생하는 공간상의 제약을 쉽게 극복할 수 있게 되어 전세계 어디서든지 데이터를 주고받을 수 있게 되었다. 이미 공장자동화 등과 같은 여러 분야에서 이와 같은 네트워크 기술의 도입이 보편화되고 있는 실정이며, 실제로 공장 등과 같은 산업현장에서는 작업현황을 확인하기 위해 네트워크를 통한 모니터링을 수행하고 있으며 이는 작업 현장에 항상 상주해야되는 불편을 덜어줄 뿐만 아니라 인터넷 접속이 가능한 곳이라면 어디서나 현장의 상황을 점검할 수 있으므로 시간적이나 공간적으로 많은 효율성을 기대할 수 있다. 뿐만 아니라 인간이 접근하기 힘든 계측 환경이나 여러 지역을 한곳에서 관찰해야 하는 상황에서 모니터링은 인간의 수고를 대신할 수 있는 좋은 대안이 될 수 있다.^{[1][2]}

초기 제어 대상을 로봇으로 하는 인터넷 로봇기술은 고가의 실험장비를 원격지의 사용자에게도 공유하게 하는 연구 및 교육적인 분야를 적용 대상으로 하였으나 최근에는 원격제어를 기반으로 하는 다양한 서비스

분야 즉, 보안, 경비, 청소, 오락 등에까지 그 적용분야가 확대되고 있다. 그런데 인터넷 로봇기술이 다양한 적용분야에 실질적으로 이용되기 위해서는 몇 가지 기술적 문제에 대한 해결이 필요하다.

첫째는 통신의 신뢰성문제이다. 컴퓨터간의 통신과는 달리 컴퓨터와 로봇간의 통신에 있어서 예기치 않은 통신 단절이 발생하는 경우에는 로봇의 오동작으로 인한 손실과 위험한 상황이 초래될 수 있다. 산업용 필드버스 통신방식과는 달리 불특정 다수의 접속자가 사용하여 통신의 트래픽을 정확히 예측할 수 없는 인터넷 TCP/IP 기반의 통신방식에서 통신두절이 발생하더라도 로봇의 오작동을 방지하고 사용자에게 편리한 모니터링 기능을 제공하는 것이 필요하다. 이를 위하여 Slotine 등은 힘과 속도성분을 하나의 파형변수(wave variable)로 정의하여 예측할 수 없는 시간지연이나 통신두절 상황에서의 접촉작업에 있어서도 로봇의 동적안정성을 보장하는 파형변수 모델기법을 제시하였다.

두 번째는 시간지연의 문제로서 이는 현재 인터넷의 대역폭에 크게 좌우된다. 인터넷 사용시의 응답시간 t_r 은 다음과 같이 모델링 된다.

$$t_r = t_p + \frac{(D_s + D_r)}{v_l} + t_c \quad \text{식(1-1)}$$

식(1-1)에서 t_p 는 통신요구처리시간, t_c 는 통신초기화시간, D_s 는 데이터 전송시간, D_r 은 데이터 반송시간, v_l 은 회선의 통신 속도이다. 응답시간을 결정하는 요인은 하드웨어/소프트웨어적으로 구분되는데 통신서버, 로봇 및 주변장치, 통신회선의 성능에 크게 의존하는 하드웨어적 요인보다는 소프트웨어적인 요인을 개선하는 것이 상대적으로 유리하다고

할 수 있다. 예를 들어 웹 인터페이스에서 서버의 성능에 크게 의존하는 CGI 방식보다는 실행파일이 클라이언트에 전송되어 실행되는 JAVA 프로그램방식이 유리하다.

마지막으로 사용자 인터페이스 기술이다. 대표적인 인터페이스인 웹브라우저는 2차원적인 정보를 표시하지만 로봇의 작업환경은 3차원 공간이므로 이에 대한 불일치를 해결하기 위해 최근 JAVA 3D 라이브러리가 발표되어 자바 애플릿상에서 3차원 모델링이 가능하게 되어 VRML(Virtual Reality Modelling Language)모델과 연계된 3차원 웹 인터페이스 프로그래밍 기술이 발전할 것이다.^{[3][4]}

원격지에서 매니퓰레이터를 조작하는 개념의 Telerobotics는 현재 활발한 연구가 진행되고 있으며 특히 의료분야에서는 원격수술이라는 의학의 시행을 테마로 상당한 진척을 보이고 있는 단계이다. 하지만 가공현장이나 조립현장 등과 같이 산업분야에서는 그 적용의 한계를 보이고 있는 실정이다. 그리고 기존 Telerobotics의 가장 큰 문제점은 원격제어를 위해 원격지와 매니퓰레이터간을 연결해 주는 별도의 제어용 전용라인을 필요로 하였고 전용라인의 설치에 비례하여 시공상의 어려움 및 설치비용이 증가하기 때문에 극히 제한된 거리에서 구현이 가능하다.^[5]

1.2 연구목적 및 내용

현재 대다수의 산업 현장에서 사용하고 있는 구형의 NC 공작기계는 기계적인 수명이나 정도(accuracy)등은 사용자의 요구에 부합하고 있겠지만 앞으로의 추세로 자리잡고 있는 원격 제어, 원격 모니터링과 같은 기능을 갖추기 위해서는 고가의 추가 장치가 요구된다. 그러나 개조된 구형의 NC 공작기계는 원격 제어, 원격 모니터링의 기능을 가질 수는 있으나 이미 그러한 기능을 가지고 출시되는 첨단 NC 공작기계의 다양한 기능에는 미치지 못한다.

본 연구에서는 산업 현장에서 요구되고 있는 원격 제어, 원격 모니터링 기능을 구형의 NC 공작기계에서 구현하기 위해 경제적인 측면과 현재 시스템의 신뢰성 즉, 가공공정에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 원격 제어와 원격 모니터링을 구현하기 위해 별도의 센서나 장치를 사용하지 않고 DAQ(Data Acquisition) Card를 이용하여 모터의 회전에 따른 이송량, 속도, 좌표등의 정보를 파악하였다. 이 정보들은 LabVIEW로 구성된 Server/Client 프로그램에 통해 분석되고 다시 DAQ Card의 출력채널로 제어신호를 출력하여 AC Servo Motor를 제어하였다.

DAQ Card는 전용의 장치와는 달리 사용자가 프로그래밍하기에 따라서 원격 제어와 원격 모니터링은 물론 첨단의 NC 공작기계에서도 구현되지 않은 기능을 구형의 NC 공작기계에서 구현할 수도 있다. 그리고 LabVIEW를 통한 GUI의 구성은 사용자가 접근하기 편리한 환경을 제공하며, 또한 투자가 따라야 하는 별도의 전용라인 대신 기존의 인터넷망을 통한 시스템의 구축은 경제적인 공장 자동화의 한 방법일 것이다.

본 연구에서 원격 제어와 원격 모니터링을 구현하기 위해 사용하는 Software인 LabVIEW를 통해 파악하고 제어하는 시스템의 정보는 크게 다음과 같이 나누어진다.

- (1) AC Servo Motor Driver의 초기 동작대기 상태를 위한 각종 신호
- (2) AC Servo Motor의 구동을 위한 입력 주파수
- (3) 각축의 이송량을 파악하기 위한 엔코더신호

전체 시스템을 소프트웨어적으로 나누어 보면 Server System과 Client System으로 나뉘어지며 위의 3가지 정보는 Server System에서 획득되고 출력되며 GUI (Graphical User Interface)를 통해 사용자에게 제공된다. 그리고 Client System의 사용자에게도 동일한 GUI로서 제공된다.

제 2장 원격제어 시스템 및 관련기술

2.1 원격제어 시스템

원격제어 시스템은 원거리에 있는 작업현장의 상태를 파악하고 제어하기 위한 장치이다. 원격 제어 시스템의 개발은 생산공정의 자동화분야에 유연성을 제공하여 생산성 향상과 원가절감의 효과를 가져왔다. 이 시스템은 제조업, 수중작업, 정밀검사, 핵무기유지, 우주탐사, 위성수신 등 다양한 분야에 이용되고 있다. 또한 실습 강의중 학생들의 상태를 파악하고, 학습 지시를 위한 관리시스템의 개발로 그 사용영역이 교육 및 연구 활동으로 확대되고 있다.^{[6][7][8][9]}

최초의 원격제어시스템은 1948년에 개발된 원자력발전소의 관리를 위한 기계적 시스템인 ANL(Argonne National Laboratory)이다. 1950년대 중반, 원거리에서 시스템을 모니터링하고 제어하는 Telepresence 개념이 제안되었으며, 1958년에 전기장치와 유압장치를 이용하여 원격지 카메라를 구동하는 'Head Mounted Man'이 개발되었다. 최근에는 센서의 전기적 신호뿐만 아니라 시각 및 청각 정보를 이용하여 원격지의 상황을 제어할 수 있는 시스템이 개발되고 있다.^{[10][11]}

초기의 원격제어 시스템은 제어기의 상태기록을 위한 목적으로 단독실행(stand alone)형태로 개발되었다. 단독실행형 제어시스템의 공간적 제한을 극복하기 위해 네트워크를 이용한 마스터/슬레이브 형태의 원격제어 시스템이 개발되었다. 최근에는 인터넷에서 제공되는 기술의 발달과 사용자의 확산에 따라 인터넷을 이용한 원격 제어 시스템에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

2.2 마스터/슬레이브 시스템

원거리의 시스템으로부터 데이터를 수집하고 신호를 발생시키는 마스터/슬레이브 시스템은 원격제어 시스템 형태 중 가장 일반화된 형태로서 그림 2-1과 같은 구조를 갖는다. 마스터/슬레이브 시스템은 제어기가 장치에 직접 연결되어 있는 단독실행형 제어 시스템에 비해 비교적 원거리에서 제어 및 모니터링이 가능하므로 넓은 지역에 분포한 많은 시스템을 관리 할 수 있는 장점이 있다.

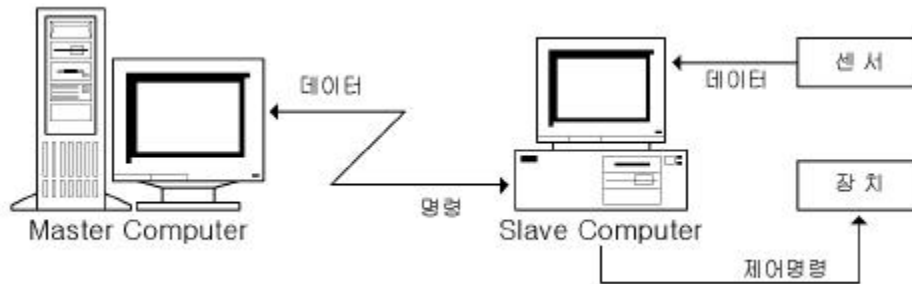


그림 2-1 마스터/슬레이브형 원격제어 시스템

이 형태의 원격제어 시스템은 마스터 컴퓨터와 슬레이브 컴퓨터로 구성된다. 마스터 컴퓨터는 운영자의 조작에 대한 명령을 슬레이브 컴퓨터에 전달하고, 슬레이브 컴퓨터로부터 전송되어진 데이터를 분석하고 저장하는 기능을 갖는다. 슬레이브 컴퓨터는 센서로부터 데이터를 수집하고, 마스터 컴퓨터로부터 전달된 명령을 분석하여 제어기의 동작을 위한

신호를 발생시킨다.

마스터 컴퓨터와 슬레이브 컴퓨터 사이에 명령어와 수집한 데이터를 전송하기 위해 모뎀이나 LAN을 이용한 네트워크를 구성한다. 마스터/슬레이브 시스템의 네트워크는 각 시스템마다 다른 형태의 네트워크 구성과 프로토콜 사용하여 시스템의 확장 및 다른 시스템과의 통합이 어렵다. 이러한 시스템 확장 및 타 시스템과 통합을 위해 표준화된 네트워크의 구성과 프로토콜의 개발이 필요하다.

2.3 인터넷의 활용

인터넷은 60년대 말 미국에서 군사목적으로 만들어진 ARPANET에 뿌리를 둔 전세계의 정부, 연구소, 교육기관, 상업기관 등 많은 단체의 컴퓨터가 연결된 최대의 네트워크이다. 타 기종간의 접속이 가능한 TCP/IP를 표준 프로토콜로 사용하여 E-mail, FTP, Telnet, USENET, 웹 등의 다양한 형태의 서비스를 제공한다.

초창기에는 정부기관이나 연구소, 대기업, 군사분야 등 특수한 분야에 종사하는 사람들만 사용이 가능했던 인터넷은 90년대 말 여러 가지 서비스와 기술의 개발로 대중화되고 있다. 특히 1992년 발표된 웹은 인터넷을 통해 정보를 제공하고 받는 방법의 서비스 형태로서 문자와 이미지(JPG, GIF)를 사용하여 정보를 제공하고 하이퍼텍스트 기술을 이용하여 문서를 다양하게 표현 가능하여 분산된 정보를 쉽게 검색할 수 있다. 또한 문서에 멀티미디어 정보를 포함시킬 수 있는 하이퍼미디어 방식의 대규모 정보서비스 시스템이다. 웹은 사용법이 간단하며 다양한 정보를 제공할 수 있어 일반인들이 쉽게 이용할 수 있는 서비스 방식이다. 그리고 기존의 웹은 서버에서 클라이언트로 일방적으로 데이터를 전달하였으나, 현재는 사용자와 상호 반응할 수 있는 인터페이스가 개발되고, JAVA, 쇼크웨이브 등을 이용하여 멀티미디어와 동적인 그래픽을 제공하여 사용자 인터페이스 제작이 용이하여 다양한 분야에 응용되고 있다.

인터넷을 기반으로 한 응용프로그램의 개발에서 데이터의 송수신을 위해 소켓 인터페이스를 이용한다. 소켓은 채널형성의 형태에 따라 연결형 스트림방식과 비연결형 데이터그램방식으로 구분한다. TCP/IP 프로토콜에서 채용하고 있는 연결형 스트림방식은 두 시스템이 채널을 형성한 후

데이터를 전송하고, 전송을 종료한 수 연결된 채널을 해제한다. 연결형 스트림형은 많은 양의 데이터를 전송하거나 데이터에 대한 높은 신뢰도 요구되는 응용에 사용된다. UDP프로토콜에서 채용하고 있는 비연결형 데이터그램방식은 채널의 연결 및 해제 과정이 없다. 이 방식은 연결형 스트림방식에 비해 헤더 정보가 작아 데이터의 전송속도가 빠르나 전송되는 데이터에 대한 신뢰도가 떨어진다. 인터넷을 기반으로 개발된 원격 제어 시스템은 데이터와 명령 전달의 신뢰도를 보장하기 위해 연결형 스트림방식을 사용하고 있다.

인터넷을 이용하여 원격제어 시스템을 구성하면 통신선로를 별도로 구축하지 않고 전 세계에 걸쳐 연결된 인터넷망을 이용하여 명령과 데이터를 전달하므로 네트워크 구성을 위한 추가적인 비용을 줄일 수 있으며, 전 세계의 각 지역에 연결되어 있는 인터넷에 접속된 컴퓨터에서 웹브라우저만으로 공간적 제약을 받지 않고 원거리에서 제어를 수행할 수 있다.

또한, 표준화된 프로토콜을 이용함으로써 시스템의 확장 및 이전 또는 다른 시스템과의 통합이 용이할 뿐만 아니라 운영체제나 컴퓨터의 종류와 관계없이 동일한 인터페이스를 제공함으로써 플랫폼에 독립적인 시스템을 구현 가능한 장점이 있다.

제 3장 시스템의 구성

3.1 전체 시스템의 개요

본 연구에서는 기존의 NC 공작기계가 X-Y-Z 3축인데 비하여 그 기본모델이라 할 수 있는 2축 X-Y 플로터로 실험을 수행하였다. 또한 제안된 X-Y 플로터는 실제의 기계적인 시스템으로 구성된 것이 아니고 AC Servo Motor에서 Feedback되는 엔코더의 신호를 PC에서 계산하여 좌표로 나타내는 가상의 X-Y 플로터이다. 그리고 실험을 수행하는데 있어서 X, Y축의 이송에 따른 공구 끝의 경로만을 고려하기 위해 기존 NC 공작기계가 가지고 있는 다른 동작이나 신호에 대해서는 고려대상에서 제외하였다.

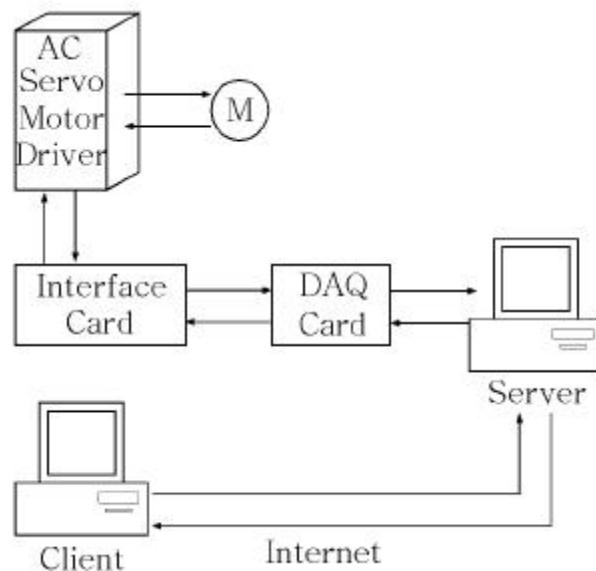


그림 3-1 전체 시스템의 개략도

그림 3-1은 전체 시스템의 개략도를 나타내고 있다. 최초 PC에서 계산된 가공데이터는 DAQ Card의 출력 채널을 통해 Pulse와 Signal의 조합으로 출력된다. 이 신호들은 DAQ Card와 AC Servo Motor Driver를 연결해주기 위한 Interface Card를 거쳐 Servo Motor Driver에 지령을 내리게 된다. 이 지령에 의해 움직이는 Servo Motor에서 Feedback 되어 오는 엔코더의 신호가 다시 Interface Card를 거쳐 DAQ Card의 입력 채널로 들어오고 이 신호를 PC에서 계산하여 이송중인 실제 공구의 위치 데이터와 예상 위치 데이터를 비교하게 된다.

그림 3-2는 실험에 사용된 가상 X-Y 플로터를 나타낸 것이다.

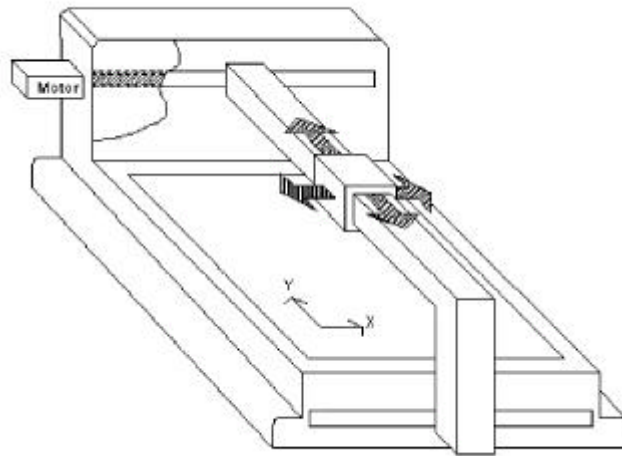


그림 3-2 X-Y 플로터

X-Y 두 축은 90° 각도로 맞물려 있으며 공구는 두 축이 맞물린 지점에 위치한다고 가정한다.

3.2 하드웨어 구성

본 연구에서 사용된 실험 장치는 기존의 NC 공작기계에 센서 혹은 기타 고가 장치의 추가없이 DAQ Card와 PC만을 장착하여 원격 제어 및 원격 모니터링이 가능하게 한다는 목적에 맞게 아래 5가지 구성요소로 이루어져 있다.

- (1) AC Servo Motor
- (2) AC Servo Motor Driver
- (3) DAQ Card
- (4) Interface Card
- (5) Personal Computer

AC Servo Motor, AC Servo Motor Driver, DAQ Card는 상용의 제품을 이용하였으며 AC Servo Motor Driver와 DAQ Card의 신호 교환을 위해 Interface Card는 별도로 제작하였다. 그리고 Intel Pentium III 800MHz, 256M의 Personal Computer를 사용하였다.

DAQ Card의 경우 Motor를 제어하기 위한 전용의 Motion Card가 있으나 이는 단지 Motor의 제어에만 이용할 수 있으므로 시스템에 별도의 기능을 추가할 때나 다양한 형태의 신호획득에 유리한 DAQ Card를 이용하였다.

그림 3-3은 전체 구성요소가 결합된 모습을 나타낸 것이다.

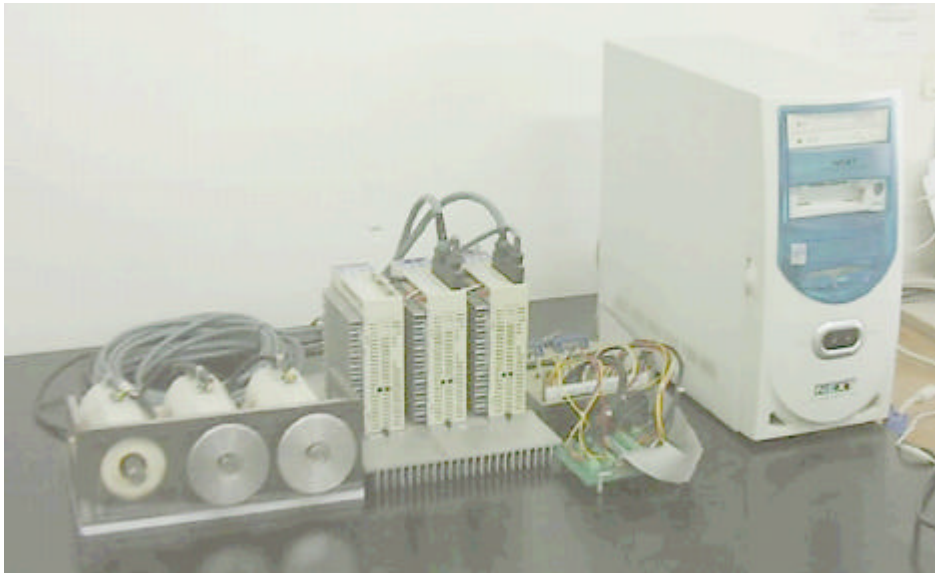


그림 3-3 전체 시스템의 모습

3.2.1 AC Servo Motor 및 Driver

실험에 사용된 AC Servo Motor는 Panasonic사의 제품으로 기종명 MSM082A1, 정격출력 750W, 엔코더 펄스수 2500P/r의 제원을 가지며 Driver는 동일 Panasonic사의 기종명 MSD083A 1V이다.

Driver를 통해 Motor를 제어하기 위해 필요한 신호버스는 각 축마다 모두 36 라인으로 이루어져 있으나 실험용 시스템의 설계시 필요하지 않은 신호들은 DAQ Card와 연결하지 않았다.

AC Servo Motor Driver는 전용의 프로그램인 PANATERM을 이용해 PC와 시리얼 통신을 할 수 있으며 이를 통해 Driver의 User Parameter, Motor의 회전속도 및 회전방향등 각종 정보를 PC에서 확인할 수 있는 기능을 가지고 있다.

그림 3-4와 그림 3-5에 각각 Motor와 Driver의 그림을 나타내었으며 표 3-1에 시스템의 설계와 프로그래밍시에 고려해야하는 User Parameter를 나타내었다.



그림 3-4 AC Servo Motor



그림 3-5 AC Servo Motor Driver

Parameter No	Parameter	Parameter No	Parameter	Parameter No	Parameter
0 0	축 명	0 D	Pulse 출력 논리반전	2 0	위치 Loop Gain
0 1	LED 초기 선택	1 0	가감속 시간설정	2 1	속도 Feed Forward
0 2	제어 모드 선택	1 2	도달속도	2 2	위치결정 완료범위
0 3	속도 Loop Gain	1 3	속도지령 입력 Gain	2 3	위치편차 과대설정
0 4	속도 Loop 적분시정수	1 4	속도지령 입력반전	2 4	위치편차 과대이상 무표
0 5	속도 검출 Filter	1 5	속도지령 Offset	2 5	지령분주 체배분자
0 6	Torque Limit 설정	1 6	속도지령 내외절환	2 6	지령분주 체배분모
0 7	Torque Limit 입력금지	1 7	속도 Zero Clamp	2 7	지령 Pulse 체배설정
0 8	속도 모니터 Gain 선택	1 8	속도설정 제1속	2 8	지령논리 반전
0 9	구동금지 입력부호	1 A	Torque 설정입력 Gain	2 9	지령 Pulsed 입력r Mode 설정
0 A	구동금지시 DB 부동작	1 B	Torque 지령입력 반전	2 B	Feed Forward Filter
0 B	Pulse 출력 분주분자	1 C	Torque 지령 Offset		
0 C	Pulse 출력 분주분모	1 D	Torque 지령 Filter		

표 3-1 User Parameter

3.2.2 DAQ Card 및 Interface Card

실험에서 사용된 DAQ Card는 National Instruments사의 제품으로 기종명 PCI-MIO-16E-4, Digital I/O 8CH, Analog Input 16CH, Analog Output 2CH의 제원을 가지고 있으며 이 외에 정격 5V출력, 카운터 채널을 가지고 있다. 그림 3-6은 DAQ Card의 모습을 나타낸 것이다.

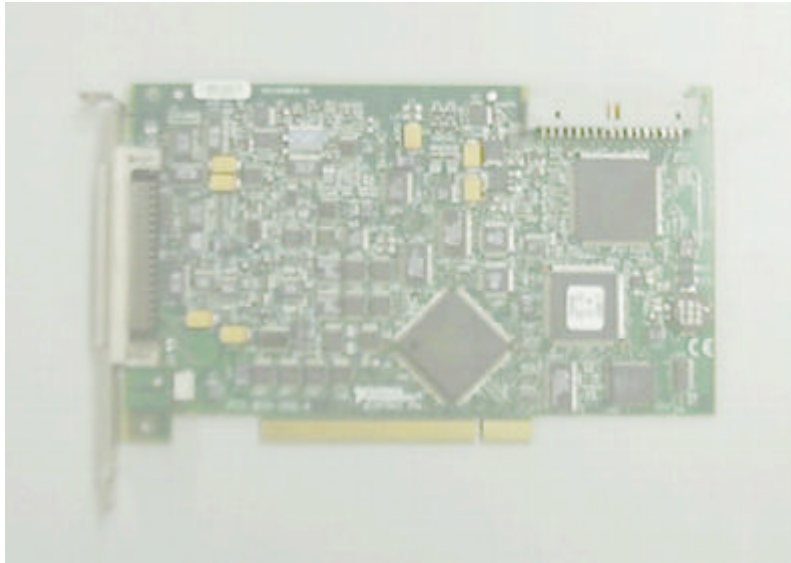


그림 3-6 PCI-MIO-16E-4의 외관

AC Servo Motor Driver의 제어와 모니터링을 위한 신호 입·출력을 위해서 Digital I/O 8CH, Analog Input 10CH, Analog Output 2CH, 5V 출력 및 카운터 채널이 Interface Card를 통해서 Driver와 연결되어 있다. Digital I/O 채널은 각 축마다 4CH을 할당하였으며 이는 Motor를 제

어하기 위한 Pulse와 Signal 입·출력에 이용된다. 그리고 Analog Input 5CH은 Driver의 출력 신호인 Servo Alarm, Servo Ready, 위치결정 완료 또는 속도도달 신호, 속도 모니터 신호, Torque 모니터 신호를 각각 입력받는데 이용된다. 여기서 Servo Alarm은 전원 투입 후 Driver에 이상이 검출되면 동작하는 신호이며 Servo Ready는 Servo Alarm 상태가 아닐 때 출력되는 신호이므로 이 두 신호의 유무에 따라 시스템이 동작 가능 상태인지 아닌지를 프로그램에서 인식할 수 있다. 위치결정 완료 또는 속도도달 신호는 AC Servo Motor의 위치제어 Mode시 편차 카운터에 누적 Pulse량이 파라미터로 설정된 범위 내에 있으면 ON 상태가 되므로 프로그램에서 이 신호를 인식하여 지령위치까지 도달했는지를 알 수 있으며 다른 방법으로 DAQ Card를 통해 들어오는 엔코더의 Pulse량을 계산하여 알 수도 있다. Torque 모니터 신호는 AC Servo Motor의 회전수, 위치편차에 비례한 극성을 가진 전압의 출력으로 CCW 방향의 회전일 때 +, CW 방향의 회전일 때 -의 전압을 출력한다. 이 신호를 프로그램에서 인식해 현재 회전방향을 인지할 수 있으며 다른 방법으로 엔코더 A, B상중에서 어떤 신호가 선행되는가를 읽어서 회전방향을 알 수도 있다. 또 5V출력과 카운터 채널은 Interface Card의 IC구동과 축의 이송량을 판단하기 위한 엔코더 Pulse수의 개수에 이용한다.

그림 3-7에 PCI-MIO-16E-4의 전체 채널을 나타내었다.

ACH8	34	68	ACH0
ACH1	33	67	AIGND
AIGND	32	66	ACH9
ACH10	31	65	ACH2
ACH3	30	64	AIGND
AIGND	29	63	ACH11
ACH4	28	62	AISENSE
AIGND	27	61	ACH12
ACH13	26	60	ACH5
ACH6	25	59	AIGND
AIGND	24	58	ACH14
ACH15	23	57	ACH7
DAC0OUT1	22	56	AIGND
DAC1OUT1	21	55	AOGND
EXTREF2	20	54	AOGND
DIO4	19	53	DGND
DGND	18	52	DIO0
DIO1	17	51	DIO5
DIO6	16	50	DGND
DGND	15	49	DIO2
+5 V	14	48	DIO7
DGND	13	47	DIO3
DGND	12	46	SCANCLK
PFI0/TRIG1	11	45	EXTSTROBE*
PFI1/TRIG2	10	44	DGND
DGND	9	43	PFI2/CONVERT*
+5 V	8	42	PFI3/GPCTR1_SOURCE
DGND	7	41	PFI4/GPCTR1_GATE
PFI5/UPDATE*	6	40	GPCTR1_OUT
PFI6/WFTRIG	5	39	DGND
DGND	4	38	PFI7/STARTSCAN
PFI9/GPCTR0_GATE	3	37	PFI8/GPCTR0_SOURCE
GPCTR0_OUT	2	36	DGND
FREQ_OUT	1	35	DGND

그림 3-7 PCI-MIO-16E-4의 I/O

그림 3-8은 Interface Card를 나타낸 것으로 이것은 AC Servo Motor Driver에 비해서 낮은 전압과 전류가 흐르는 DAQ Card와 PC의 보호와 노이즈의 제거, 특정 신호들의 수동 조작을 위한 버튼 부착등의 이유로 인해서 제작하였다. 신호의 명확한 구분과 노이즈의 제거를 위해서 Line Driver와 Line Receiver 및 기타 IC를 이용해 역신호를 방지하였다.

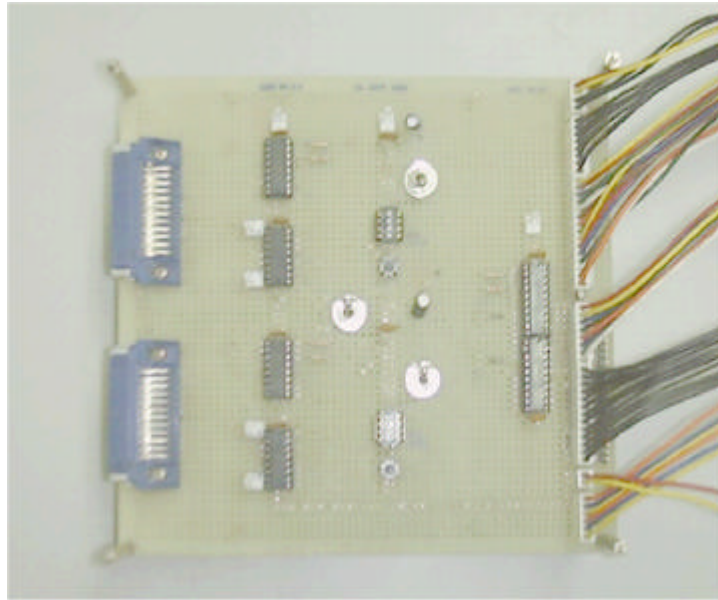


그림 3-8 Interface Card

3.3 소프트웨어 구성

소프트웨어는 크게 DAQ Card가 장착되어 시스템과 직접 연결되어 있는 Server측 프로그램과 원격지에서 인터넷을 통해 Server와 연결되어 있는 Client측 프로그램으로 나뉘어지며 각각의 프로그램은 LabVIEW로 프로그래밍 되었다.

3.3.1 LabVIEW의 개요

LabVIEW는 Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench를 가리킨다. 이것은 텍스트로 프로그램을 작성하는 C, Pascal, Basic과는 달리 그래픽으로 프로그램을 작성하는 G 언어이며 Microsoft Windows를 탑재한 PC, Mac OS, Sun SPARC 스테이션, HP 9000/700 시리즈에서 사용할 수 있는 강력하고 유연성있는 해석 소프트웨어의 일종이다. 그리고 LabVIEW는 데이터의 측정 및 분석, 표현에 적절하도록 고안된 언어이며 Windows에서 프로그래밍된 프로그램을 Macintosh에서 바로 사용할 수 있을 만큼 호환성이 좋은 프로그래밍 언어이다. 또한 고전적인 프로그래밍 언어에 있는 포인터, 메모리 할당 등을 사용할 필요가 없이 프로그램을 작성할 수 있도록 광범위한 함수와 서브 루틴 라이브러리를 갖고 있다. 그리고 LabVIEW는 Data Acquisition 라이브러리, General Purpose Interface Board(GPIB, IEEE 488, HP-IB) 및 시리얼 측정 장비 제어, 네트워크, 이미지 데이터 운용, Motion Control, Fieldbus 및 CAN 인터페이스 운용, VXI/VME 운용, 데이터 분석, 데이터 표현, 데이터 저장에 관계된 라이브러리를 내장하고 있다. 분석 라이

브러리는 시그널 출력, 시그널 프로세싱, 필터, 윈도우, 통계, 회기 분포, 선형대수, 배열 연산 등 여러 종류의 유용한 분석함수를 내장하고 있다.

LabVIEW는 크게 Front Panel, Block Diagram으로 나눌 수 있으며 Front Panel은 입력값을 설정하고 Block Diagram의 출력값을 표시하는 곳으로 어떤 방식으로 프로그래밍을 하느냐에 따라서 기존 텍스트방식 프로그래밍 언어에 비해서 훨씬 강력한 GUI 환경을 구현할 수 있다.

그림 3-9은 Front Panel을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 한가지 데이터를 숫자, 그래프, 바등 여러 가지 형태로 표현하고 있다.

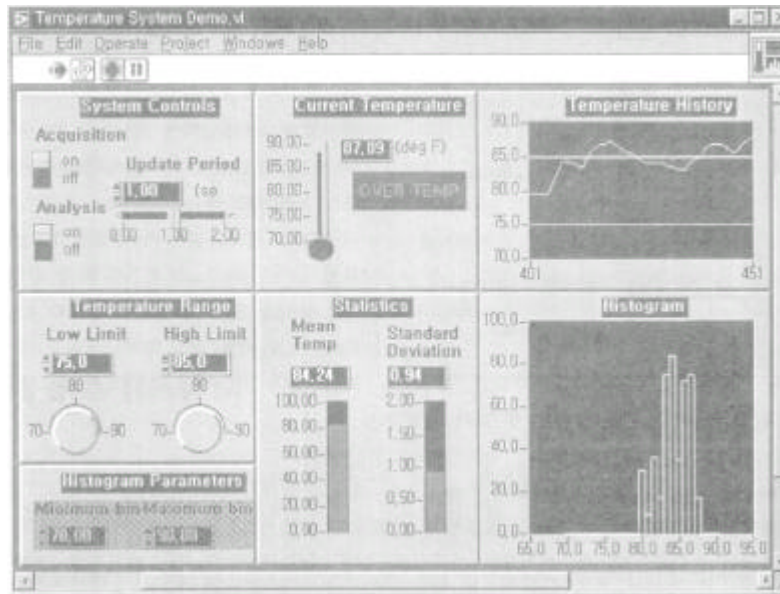


그림 3-9 Front Panel

Block Diagram은 LabVIEW로 작성한 프로그램의 소스 코드이며 실제 프로그램을 실행하는 곳이다. LabVIEW의 Block Diagram을 보면 단지

몇 개의 아이콘을 선으로 연결한 것처럼 보이지만 LabVIEW의 함수 자체가 아이콘화 되어있기 때문에 이 아이콘들을 선으로 연결하는 것이 실제 프로그래밍을 하는 것이다.

그림 3-10은 Block Diagram을 나타낸 것이다.

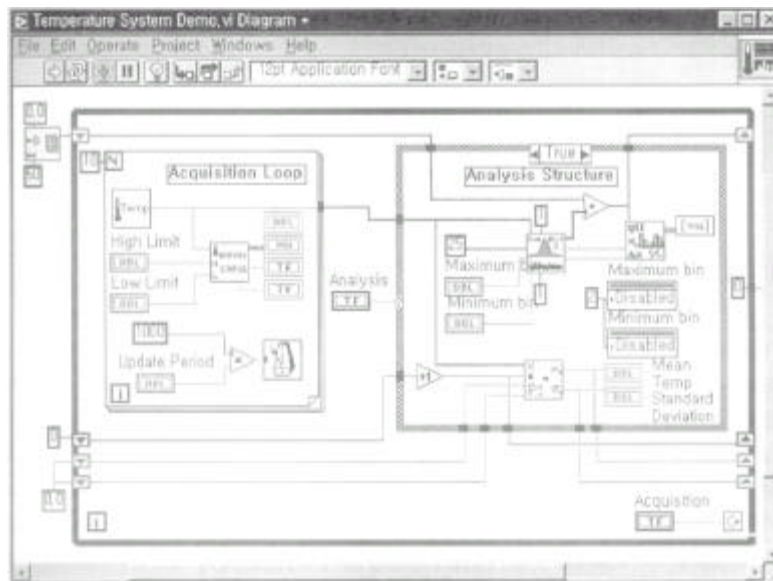


그림 3-10 Block Diagram

3.3.2 Server측 프로그램

Server System은 Interface Card를 통해 Servo Motor Driver와 DAQ Card가 연결되어 있다. Server측 프로그램은 크게 미리 정의된 가공 데이터를 이용해 공구의 예상경로를 계산하는 부분, Servo Motor를 제어하는 부분, Feedback되어오는 엔코더 신호를 이용해 예상경로와 실제경로를 비교하고 이를 사용자에게 보여주는 부분, 실제 경로를 파일로 저장하고 인터넷을 통해 연결되어 있는 Client 프로그램의 요청에 따라 이전 경로 데이터를 보내주는 부분으로 구성되어 있다. 그림 3-11은 Server 프로그램을 나타낸 것이다.

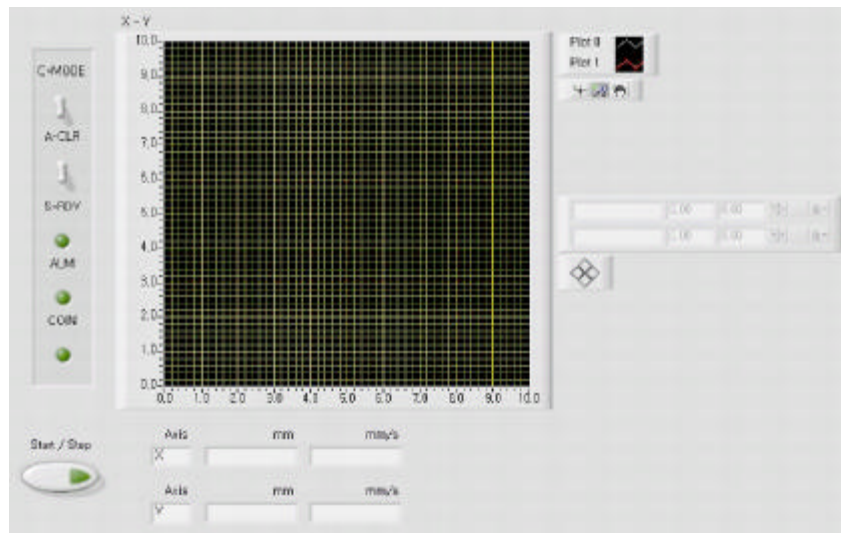


그림 3-11 Server 프로그램

Server 프로그램에는 전체 시스템의 현재 상황을 사용자에게 제공하기 위해서 각 축이 움직인 거리와 속도, Servo Ready, Servo Alarm, 위치 결정 완료신호 등을 나타내고 있으며 Servo Motor의 위치제어 모드와 속도제어 모드의 소프트웨어적인 전환을 위하여 C-Mode 버튼을 제공한다.

3.3.3 Client측 프로그램

Client측 프로그램의 GUI는 Server 프로그램과 큰 차이가 없으며 크게 IP를 통해 Server에 접근하는 부분, Server에 저장되어진 경로에 대한 데이터를 읽어들이어 사용자에게 보여주는 부분, 원격지에서 가공 데이터를 Server에 보내어 가공을 시작하는 부분으로 나뉘어져 있다.

인터넷을 통한 X-Y 플로터의 실시간 모니터링 및 제어는 시간 지연에 따른 문제로 인하여 예기치 않은 문제가 발생할 수 있으므로 실시간이 아니라 일정시간 간격으로 Server에 저장되어있는 경로 데이터를 Client에서 받아들이어 표현하는 방식을 취하였고 원격지에서 가공 데이터를 Server에 보낼때도 데이터 전체를 보내고 Server 프로그램에서 이를 계산하고 제어하는 방식을 취하였다. 그림 3- 13에 Client 프로그램을 나타내었다.

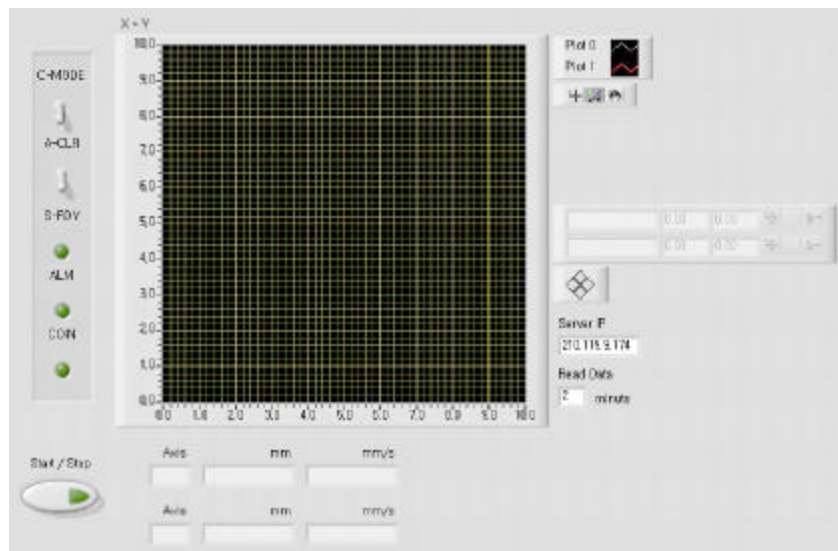


그림 3- 12 Client 프로그램

제 4장 실험 및 결과

Server 프로그램을 실행시키면 먼저 가공할 대상에 대한 데이터를 읽어 들여 PC상에서 이 데이터를 토대로 공구의 예상 경로를 계산하고 경로에 대한 데이터를 파일로 저장한다. 그 후 Server 프로그램에서는 Servo Motor Driver를 제어하기 위해 DAQ Card의 출력 포트를 통해서 Pulse Train과 Signal을 발생시키고 이 두 신호의 조합을 통해 Motor의 가·감속과 정·역회전을 제어한다. 그리고 X, Y 각 축의 실제 공구 이동경로를 알기 위하여 양축에 붙어있는 AC Servo Motor에서 Feedback 되어 오는 엔코더의 신호를 DAQ Card의 입력 포트를 이용하여 받아들이고 그 숫자를 카운터하여 실제 공구의 이동 경로를 예상경로와 비교하였다. 비교된 두 경로가 미리 정의해 둔 오차범위를 벗어나면 Server 프로그램에서는 에러메시지를 화면에 출력하며 Servo Motor Driver에 Servo Off 신호를 출력하고 전체 시스템을 정지시킨다.

첫 번째 실험에 있어서 모터의 회전에 따른 각 축의 이송량과 기어비, 이송속도, 허용오차는 다음과 같이 설정하였다.

- 축 1바퀴당 2mm 이동
- Motor 10회전당 축 1회전 → 10 : 1의 기어비
- 0.5mm/s 의 이송속도
- 허용오차 $\pm 0.025\text{mm}$

그림 4-1은 별도의 프로그램을 이용해서 첫 번째 실험에 대한 공구의 예상경로를 나타낸 것이다. 이 프로그램은 G-Code를 이용해서 공구의 예상경로를 계산해 준다. 그림 4-2에는 엔코더에서 Feedback되어 오는 신호를 받아들여 예상경로와 실제경로를 비교하는 Server 프로그램을 나타내었고 그림 4-3에는 Server에서 저장된 경로 데이터를 Client에서 받아들이고 표시하고 있는 모습을 나타내었다.

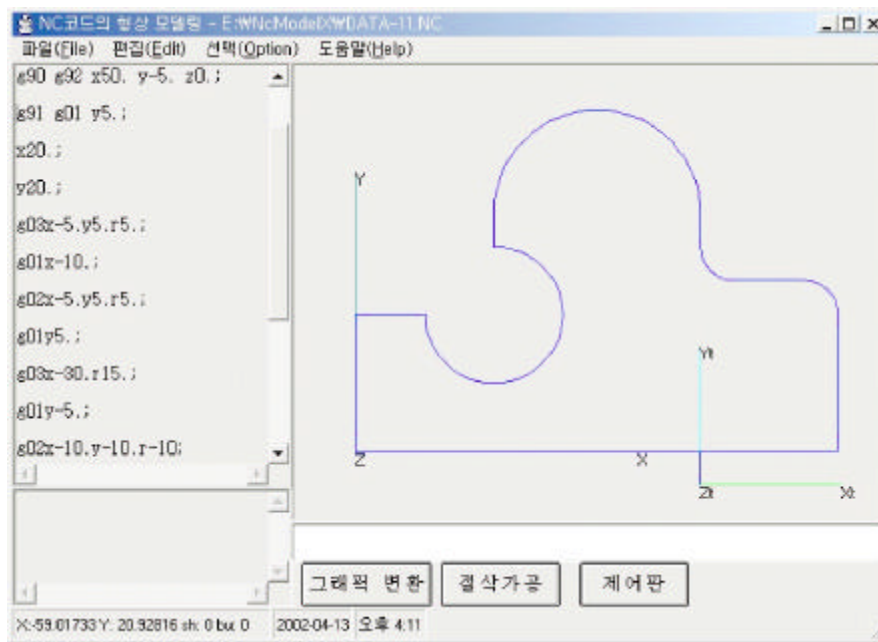


그림 4-1 NC 코드의 형상 모델링

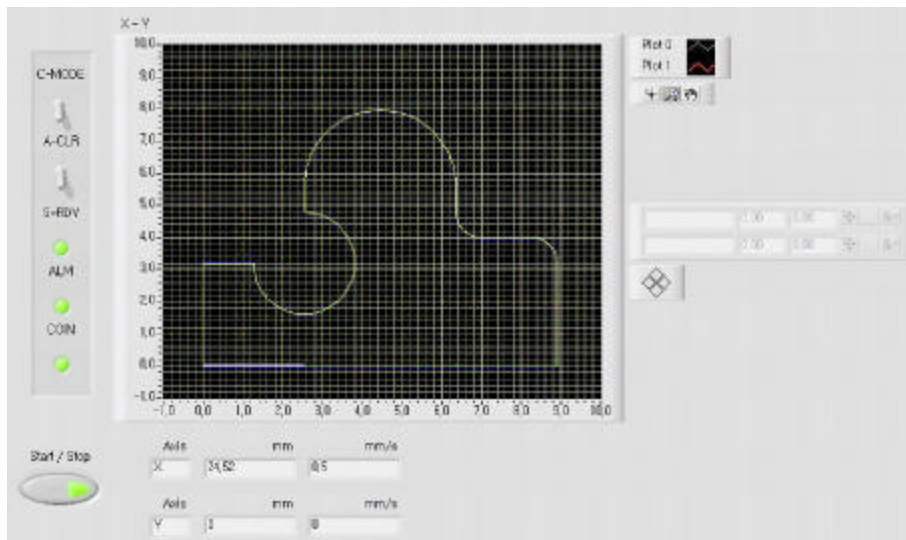


그림 4-2 예상경로와 실제경로의 비교 모습

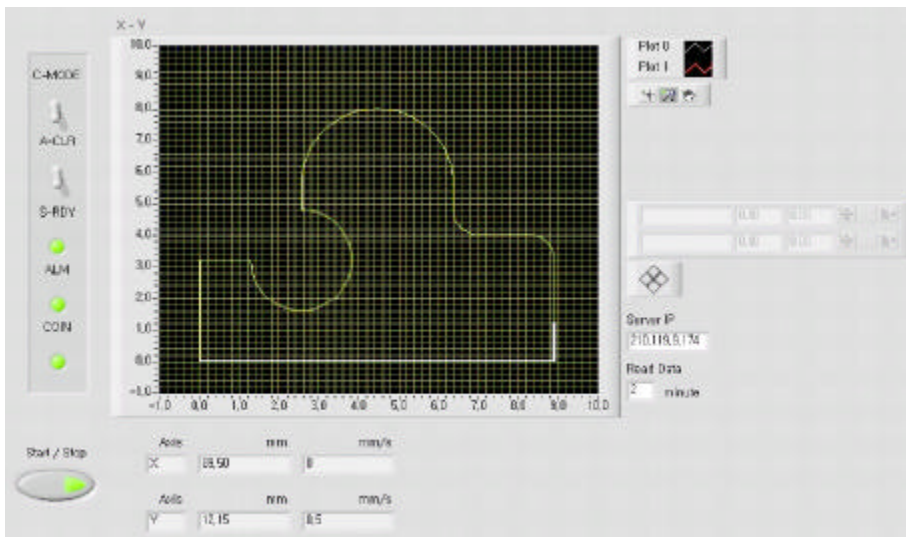


그림 4-3 원격지에서 본 예상경로와 실제경로의 비교 모습

첫 번째 실험에 있어서 실제 경로와 예상 경로의 일치율은 전체적으로 볼 때 최초 95%정도에 불과하였다. 직선 구간과 수직으로 꺾이는 부분에 대한 일치율은 100%에 가까웠으나 원형태의 가공 구간에서는 X, Y 두 축의 Sych가 맞지 않아서 공구의 예상경로를 벗어나는 구간이 많이 발생하였다. 이에 AC Servo Motor의 User Parameter중 속도 Loop Gan과 속도 검출 Filter, 가감속 시간, 위치 Loop Gain 등 몇 가지 파라미터의 반복적인 수정 후 동일한 조건에서 실험을 수행한 결과 만족할만한 실제 공구경로를 얻을 수 있었다.

두 번째 실험에 있어서는 첫 번째와 동일한 파라미터에 다음과 같은 초기설정을 적용하였다.

- 축 1바퀴당 2mm 이동
- Motor 10회전당 축 1회전 → 10 : 1의 기어비
- 1mm/s 의 이송속도
- 허용오차 $\pm 0.025\text{mm}$

이송속도만을 달리한 두 번째 실험에 있어서 실제 공구 경로는 오차범위 안에서 예상 공구 경로와 일치함을 알 수 있었지만 오차범위를 무시한 두 실험의 실제 공구 경로만을 비교한 결과 두 번째 실험의 경로가 첫 번째에 비하여 많은 오차를 포함하고 있었다. 이는 첫 번째 실험에 비하여 고속 이송에 따른 문제로 Driver의 Parameter를 변경함에 따라 오차가 줄기도 하며 늘기도 하는 양상을 보였으며 많은 반복을 통하여 최적의 Parameter를 찾는다면 해결 가능하리라 생각된다.

그림 4-4, 그림 4-5, 그림 4-6에 두 번째 실험에 사용한 초기 조건과 Parameter에 다른 형상 데이터를 가지고 실험한 모습들을 나타내었다. 초기 조건은 아래와 같다.

- 축 1바퀴당 2mm 이동
- Motor 10회전당 축 1회전 → 10 : 1의 기어비
- 1mm/s 의 이송속도
- 허용오차 $\pm 0.025\text{mm}$

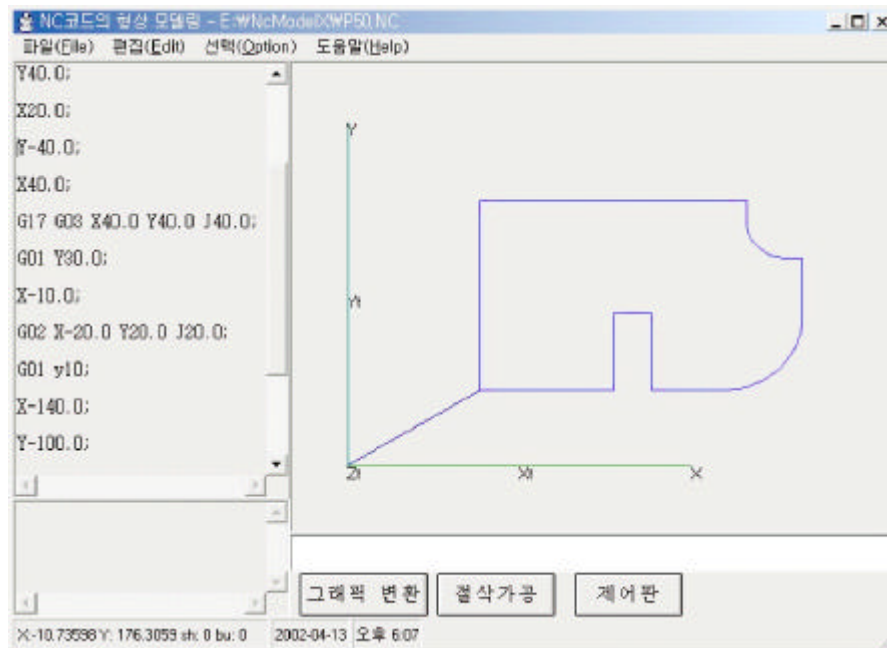


그림 4-4 NC 코드의 형상 모델링

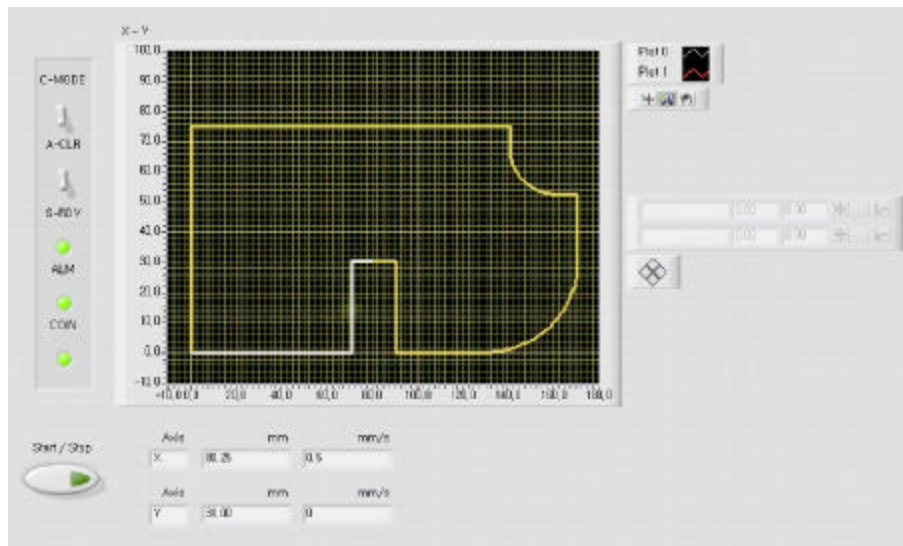


그림 4-5 예상경로와 실제경로의 비교 모습

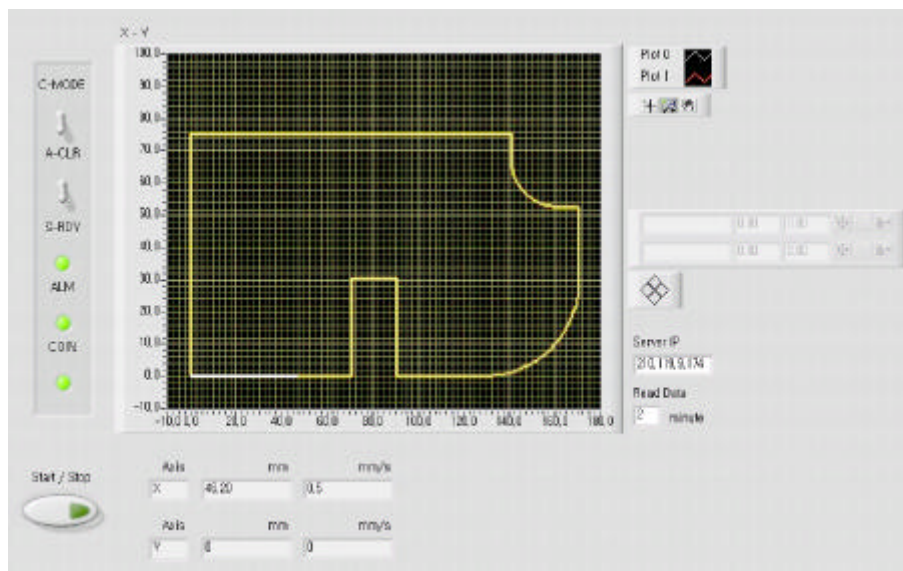


그림 4-6 원격지에서 본 예상경로와 실제경로의 비교 모습

몇 가지의 가공 데이터와 반복된 실험을 통해 공구의 예상 경로와 실제 경로는 허용 오차범위 내에서 일치함을 알 수 있었다. 하지만 Windows 2000기반의 Server System은 실험도중 DAQ Card를 통한 데이터의 입·출력과 Server 프로그램 이외의 다른 이벤트를 발생시킬 경우 약간의 오차가 발생함을 알 수 있었고 이는 발생한 이벤트를 OS에서 처리하는 짧은 시간동안 DAQ Card를 통해 들어온 데이터가 제 시간에 처리되지 못하고 약간 지연된 후 처리되기 때문이다. 이 문제는 프로세서에서 이벤트를 관장하는 NT기반의 OS보다 이벤트에서 프로세서를 관장하는 Windows 98기반의 시스템에서는 더욱 심각한 문제를 일으킬 것으로 생각된다. 이 문제에 대한 해결을 위하여 실험에 필요한 기능 이외에 다른 불필요한 이벤트를 일으킬만한 요소들을 제거하고 앞서 행한 실험과 동일한 조건으로 제 실험을 행한 결과 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다.

제 5장 결론

본 연구에서는 공장 자동화의 확산에 따라 현재 대다수의 현장에서 사용하고 있는 구형의 NC 공작기계에 고가의 전용장비 추가나 전용의 제어라인을 설치하지 않고 DAQ Card와 LabVIEW, 그리고 인터넷을 통해 원격 모니터링 및 제어가 가능하게 하는 저렴한 공장자동화의 한 방법을 알아보았다.

이 시스템에서 원격리의 클라이언트는 PC나 노트북에 설치된 클라이언트 소프트웨어를 이용하여 공간적 제약을 받지 않고 서버 시스템의 상황을 모니터링하고 제어 할 수 있다. 그리고 기존의 인터넷망을 이용하여 제어시스템의 데이터를 주고받기 때문에 네트워크 구성에 필요한 시간과 경비를 절감할 수 있다.

구현한 원격제어 시스템은 지역적으로 떨어져 있는 생산현장들을 인터넷을 통해 모니터링하고 제어 가능하므로 기업에서는 여러 곳에 흩어져 있는 생산설비 및 기계의 제어가 가능하고 이는 제품의 생산뿐만 아니라 판매한 장비의 AS에도 이용할 수 있다.

LabVIEW와 DAQ Card를 이용한 구형 NC 공작기계의 원격 모니터링 및 제어는 사용자가 프로그램을 어떻게 만드느냐에 따라서 신형 공작기계의 기능은 물론이고 사용자 인터페이스 측면에서는 오히려 편리한 부분을 가지고 있었고 다양한 종류의 센서와 함께 사용할 경우 신형 공작기계 이상의 성능을 보일 것이다.

실험 도중 예기치 않은 이벤트에 대해서 약간의 오차를 나타내던 것은 실험에 필요한 이벤트 이외의 요소들을 제거하고 재차 행한 실험에서 만

족할만한 결과를 나타내었고, 개인용 컴퓨터가 아닌 NC공작기계에 부착된 산업용 컴퓨터일 경우에는 불필요한 이벤트가 더욱 적을 것이므로 훨씬 안정된 시스템이 될 것이라고 생각된다.

본 연구에서는 가상의 X-Y 플로터로 실험을 행하였다. 따라서 앞으로의 연구 과제로 실제 NC 공작기계를 이용한 원격 모니터링 및 제어에 대한 연구가 필요할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- [1] D. Drascic, P. Milgram, A. Rastogi, "Telerobotic Control with Stereoscopic Augmented Realith", SPIE vol. 26530, San Jose, 1996, pp. 135- 146
- [2] 윤병준, 이종수, 최경삼, "Web을 이용한 로봇 매니퓰레이터의 원격 제어", Proc. of the 14th KACC, October 1999.
- [3] 강성철, 정낙영, "인터넷기반 원격 매니퓰레이션 : 일본의 연구개발 사례를 중심으로", 제어·자동화·시스템공학회지 제 6권 제 6호, 2000, pp. 21- 26.
- [4] G. Niemeyer and J. Soltine, "Towards Force-reflecting teleoperation over the internet", Internet Robotics Workshop notebook of IEEE int. conf. Robotics and automation, 1999.
- [5] 류승엽, 이종수, "네트워크를 이용한 매니퓰레이터의 원격 동적 제어", Proc. of the 13th KACC, October 1998.
- [6] Michael D. Cooper "Design Considerations in Instrumenting and Monitoring Web-Based Information Retrieval Systems", Journal of the American Society for Information Science, Vol. 49, No. 10, Aug 1998.
- [7] Klaus Schilling, Hubert Roth, Robert Lieb, "Teleoperations of

- Rovers-From Mars to Education", Proc. of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 1, pp. 257-262, July 1997.
- [8] Magrabi F, Lovell NH, Celler BG "A web-based approach for electrocardiogram monitoring in the home", International Journal of Medical Informatics, Vol. 54, No. 2, pp. 145-153, Mar 1999.
- [9] Tse Min Chen and Ren C.Luo, "Remote Supervisory Control of an Autonomous Mobile Robot Via World Wide Web", Proc. of the Symposium on Industrial Electronics, Vol. 1, July 1997.
- [10] B.J. Nelsom and P.K Khosla, "Intergrating Force and Vision Feedback Within Virtual Environment for Telerobotic System", Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 1588-1593, Oct. 1997.
- [11] M. MITSUISHI and T. HORI and T. NAGAO, "Predictive, Augmented and Transformed Information Display for Time Delay Compensation in Telehandling/Machining", Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 45-52, 1995.
- [12] 장현오, "그래픽 프로그램의 이해", (주)ADC Sysem, 1998.
- [13] 최성주, "LabVIEW 입문", 동일 출판사, 1998.
- [14] 곽두영, "LabVIEW 컴퓨터 기반의 제어와 계측 Solution", Ohm사,

2002.

- [15] 이운표, 오병주, “인터넷 환경에서 원격 로봇 제어 시스템 개발”,
Proc. of the 14th KACC, October 1999.
- [16] 임재환, 이종수, 최경삼, “인터넷을 이용한 원격 로봇 제어기의 개발”, Proc, of the 12th KACC, October 1997.

감사의 글

많이 부족한 논문이지만 완성되기까지 주위에서 도와주신 분들이 많이 계십니다.

먼저 학부 3학년 때부터 지금까지 4년간 언제나 따뜻한 말씀으로 저를 지도해주신 권순재 교수님께 깊은 감사의 말씀을 드립니다. 잘 모르는 분들은 교수님을 무서운 분이라고 하지만 저를 지도해주신 교수님은 언제나 자상한 눈빛과 마음을 가진 분이었습니다. 언제까지나 항상 건강하시기를 기도하겠습니다. 그리고 바쁘신 가운데 부족한 제 논문을 세심하게 심사하시고 지도와 격려를 해 주신 안두성 교수님과 정영석 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

직장생활과 학업을 병행하시는 바쁘신 가운데 늘 부족한 후배를 걱정해주신 손정기 선배님과 조학래 선배님께 감사하다는 말씀을 드리며 멀리서 항상 후배들을 생각하는 기수형, 약간 괴롭히기는 하지만 4년동안 꾸준히 관심과 지도로 이 논문이 완성되게 도와주신 김태화 선배, 같이 입학했지만 먼저 취업해 나간 창용형에게도 진심으로 감사하다는 말을 하고 싶습니다. 그리고 항상 학교에서 같이 생활하며 도와준 홍정표 선배와 학교를 떠나 멀리서 고생하고 있는 인수, 늦은 시간까지 같이 고생해준 후배 종원, 부식, 재필, 효제에게도 고맙다는 말을 하고 싶습니다.

마지막으로 오늘의 작은 결실이 있기까지 뒤에서 묵묵히 믿어주신 어머니님과 누나들, 지금의 저를 보시면 기뻐하실 하늘에 계신 아버님께 말로는 표현하지 못할 제 마음을 전하고 싶습니다.