

工學碩士 學位論文

다중 유압실린더 동조제어시스템을 위한
원격제어 및 모니터링

Telecontrol and Telemonitoring for Position Synchronizing
Control System of Multiple Hydraulic Cylinders

指導教授 金 鍾 和

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

制御計測工學科

林 在 權

本 論 文 을 林 在 權 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

主 審 工 學 博 士 趙 爽 濟 (印)

委 員 工 學 博 士 河 潤 秀 (印)

委 員 工 學 博 士 金 鍾 和 (印)

2004 年 1 月 9 日

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

목 차

Abstract

제 1 장 서 론	1
제 2 장 다중 유압실린더 동조 제어 시스템	4
2.1 개요	4
2.2 다중 유압실린더 동조제어시스템의 구성	5
2.2.1 유압실린더 시스템	6
2.2.2 스트로크 측정 센서	7
2.2.3 개별제어기	9
2.2.4 동조제어기	10
2.2.5 제어네트워크	12
2.3 필드버스에 의한 제어네트워크 구성	13
2.3.1 필드버스에 의한 제어네트워크 구성의 필요성	13
2.3.2 필드버스 개발 배경	14
2.3.3 필드버스 표준화와 국제기구	15
2.3.4 필드버스 프로토콜	17
2.3.5 필드버스 적용현황	18
2.3.6 필드버스로 구성된 네트워크의 장단점	18

2.3.7 RS-485 기반의 필드버스에 의한 다중 유압실린더 동조제어네트워크 구성	20
2.4 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 제어네트워크 구성	23
2.4.1 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 제어네트워크 구성의 필요성	23
2.4.2 TCP/IP로 구성된 네트워크의 장단점	24
2.4.3 이더넷과 스위치드 이더넷	25
2.4.4 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 다중 유압실린더 동조제어네트워크 구성	29

제 3 장 다중 유압실린더 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성	31
3.1 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링의 필요성	31
3.2 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성 방법	31
3.2.1 RS-485 기반의 필드버스에 의한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성	31
3.2.2 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성	33
3.3 다중 유압실린더 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링 소프트웨어 개발	35
3.3.1 개발환경	35
3.3.2 소프트웨어 구성	35
3.3.3 원격모니터링을 위한 소프트웨어	35
3.3.4 원격제어를 위한 소프트웨어	41

제 4 장	다중 유압실린더 동조제어시스템의 원격제어 및 모니터링 가능성 실험	45
4.1	RS-485 기반의 필드버스에 의한 원격제어 및 모니터링 가능성 실험	45
4.1.1	실험장치의 구성	45
4.1.2	Modbus ASCII 프로토콜	50
4.1.3	실험결과	53
4.2	LAN 기반의 TCP/IP에 의한 원격제어 및 모니터링 가능성 실험	51
4.2.1	실험장치의 구성	51
4.2.2	실험결과	52
제 5 장	결 론	54

참 고 문 헌

Telecontrol and Telemonitoring for Position Synchronizing Control System of Multiple Hydraulic Cylinders

Jae-Kwon Lim

*Department of Control & Instrumentation Engineering,
Graduate School, Korea Maritime University*

ABSTRACT

In order to execute position synchronizing control of multiple hydraulic cylinders which are positioned in wide area and have a large number of low-level components, not only a position synchronizing control system must be established and but also a remote control and monitoring system must be established in view of hardware and software.

In this paper, two methods comprising an exclusive control network are suggested. One is a method using Fieldbus based on RS-485 network and the other is using TCP/IP based on LAN. In order for control system designer to get an exact information in establishing a control network, a large amount of concrete contents is surveyed.

For the purpose of remote control and monitoring of position synchronizing control system, comprising methods of a remote control and monitoring system are suggested. Especially, control and monitoring pages in capable of using TCP/IP socket communication program are developed.

In order to test the possibility of real time control and monitoring, two kinds of experiments are executed. One is an experiment for Modbus ASCII protocol based on RS-485 network and the other is an experiment for TCP/IP based on LAN. In the conclusion, the possibilities of remote control and monitoring are verified.

제 1 장 서 론

수문개폐, 스키딩(Skidding) 시스템, 선박 리프트 시스템, 로드아웃(Load Out) 시스템들은 다중 유압실린더를 이용하여 운용되고 있다. 다중 유압실린더를 운용하기 위해서는 이들 실린더를 동일하게 제어하는 것이 요구되는데 이를 동조제어(Position Synchronizing Control)라 한다. 지금까지 구축되어 온 대부분의 동조제어시스템은 기계적 동조방식을 채택하고 있으며 정밀하게 제어하는 것이 불가능한 단점을 갖고 있다. 이에 따라 전자적 제어요소를 사용한 동조방식을 이용하여 보다 정밀한 위치동조제어를 가능케 하기 위한 연구들이 수행되고 있다.

동조제어 시스템들의 경우 그 주요 구성장치들이 광범위한 지역에 분포하고, 대형 시스템의 경우 센서, 구동기, 제어기와 같은 구성장치들의 수가 급속히 증가하게 된다. 구성장치의 수가 증가하면 장치들을 일대일로 연결하는 전통적인 점대점(Point-to-Point)방식의 통신은 시스템의 성능 향상이나, 확장, 유지보수 등에서 한계를 갖는다. 이를 극복하기 위하여 점대점 연결방식보다 향상된 동조제어를 위한 전용 제어네트워크 구성이 요구된다. 전용 제어네트워크를 구성하는 것은 많은 수의 구성장치들을 통합적으로 감시하고 상황에 따라 장치들로 신속하게 제어명령을 하달할 수 있는 원격제어 및 모니터링시스템을 손쉽게 구현할 수 있는 장점을 제공한다[1][2][3].

1990년대에 접어들면서 산업자동화 분야에 있어서 80년대와는 다른 기술이 적용되기 시작했는데, 그것은 디지털통신을 이용한 제어방식의 활성화였다. 통신을 이용한 메시지 전송은 미국에서부터 시작이 되어 전 세계적으로 확산되면서 지속적인 발전을 이루어 왔지만, 90년대 이전까지 통신을 이용

하여 메시지 전송을 주로 사용한 분야는 PC영역이나 그 상위의 영역이었고, 자동제어 영역 차원에서는 각 공장간 혹은 공정간 영역에서의 메시지 교환을 중심으로 이루어졌다. 가장 흔하게 적용된 예를 보면, PC와 PLC간의 메시지 교환이나 혹은 PLC와 PLC간의 네트워크 구축을 들 수 있다. 주로 대용량의 데이터를 공유하기 위해 사용하던 이러한 통신방법이 90년대를 기점으로 산업현장에 적용되면서 필드버스(Fieldbus)라는 이름으로 불리게 되었다[4].

필드버스란 용어가 발생한 배경을 살펴보면 다음과 같은데, 제품을 생산하기 위해서는 생산설비가 반드시 필요하고, 수반된 생산 설비를 제어하기 위해서는 제어기가 필요하며 이제까지는 PLC류의 제어기를 많이 사용하였다. 생산설비가 정상적으로 동작되기 위해서는 각각의 공정에 필요한 센서나 구동기들이 제어기의 입출력장치에 연결되어야 하는데, 필드버스 시스템에서는 제어기에 장착되는 입출력장치가 센서나 구동기에 근접해서 설치되는 형태로 변경된다. 즉 제어기기의 입출력장치가 생산설비에 분산되어 적당한 위치에 설치되고 이들을 통신선을 이용하여 제어기기와 연결하는 형태로 만드는 것이다. 이렇게 입출력용 제어기 장치가 생산현장에 분산되는 형태를 취한다고 해서 생산현장을 의미하는 'Field'와 통신을 의미하는 'BUS'를 합하여 'FieldBUS'라고 부르게 된 것이며, 간단히 통칭적으로 산업현장에서 데이터의 교환을 처리할 수 있는 통신망을 필드버스라 하기도 한다. 이러한 형태를 취하는 시스템을 특정상품명이나 회사명에 관계없이 필드버스라 부르고 있으며, 현재 전세계적으로 약 100여개의 필드버스형태의 시스템이 시장에 나와 있는 것으로 조사되고 있다[4].

본 논문은 다중 유압실린더 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링

시스템 구성방법을 제안하고자 한다. 이를 위하여 필드버스 기반 동조 제어 네트워크에 대한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성방법과, TCP/IP 기반 동조 제어네트워크를 이용하여 원격제어 및 모니터링 시스템 구성방법을 구체적으로 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 다중 유압실린더 동조제어시스템의 구성방법에 대하여 언급한 후, 각 구성요소들에 대하여 간략히 설명하며, 동조제어시스템을 구성하기 위한 네트워크로서 필드버스와 TCP/IP에 대하여 살펴본다. 3장에서는 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성의 필요성과 이를 구현하기 위한 소프트웨어의 개발에 대하여 구체적으로 언급한다. 4장에서는 RS-485 네트워크 기반과 TCP/IP 네트워크 기반의 동조제어시스템에 대하여 원격제어 및 모니터링의 가능성에 대하여 실험을 수행하고 그 가능성을 검토한다. 5장에서는 앞장에서 전개된 내용과 실험결과를 토대로 총체적 결론을 내린다.

제 2 장 다중 유압실린더 동조제어시스템

2.1 개요

2개 이상의 복수개의 유압실린더를 이용하여 고하중의 부하를 동작시키기 위해서는 유압실린더 피스톤로드의 스트로크를 위치동조 시켜야만 한다. 이를 위해서는 반드시 위치동조 제어시스템이 구축되어야 하는데, 하부에서는 개개의 유압실린더 피스톤의 위치를 제어하는 전용의 제어기와 스트로크 측정센서가 존재하여 로컬제어시스템이 구성되어 있어야 하며, 이들 하부제어시스템의 동작을 동조시킬 수 있도록 상부에는 동조제어기가 반드시 필요하고, 이들간의 센서 및 제어데이터 교환을 위한 네트워크가 구축되어야 한다.

이 장에서는 본 논문에서 대상으로 하는 다중 유압실린더 동조제어시스템의 전체 구성과 기능, 동작원리를 간략히 설명한다. 그런다음, 다중 유압실린더 동조제어시스템을 위한 전용의 제어네트워크를 구성할 수 있는 방법으로 필드버스와 TCP/IP에 의한 구성방법을 언급한다. 이를 위하여 필드버스의 개발배경 및 현황, 장단점, 프로토콜, 적용현황 등을 구체적으로 알아봄으로써 전용 제어네트워크 구축시에 이용 가능한 필드버스의 형태와 고려되어야 할 사항들을 점검할 수 있는 토대를 마련하고자 한다. 또한 LAN 기반의 TCP/IP를 이용한 전용 제어네트워크 구성에 대하여 알아봄으로써 필드버스에 의한 단점의 개선과 확장의 용이성을 확인하고자 한다. 마지막으로 RS-485 기반의 필드버스에 의한 다중 유압실린더 동조제어시스템과 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 동조제어시스템의 구성을 제안하고 그 동조제어 실행 과정에 대하여 언급한다.

2.2 다중 유압실린더 동조제어시스템의 구성

네트워크기반의 다중 유압실린더 위치동조 제어시스템은 크게 동조제어기, 개별제어기, 스트로크 측정센서, 제어네트워크, 유압실린더 시스템 등으로 구성된다. 그림 2.1은 2개 이상의 유압실린더를 대상으로 위치동조 제어를 수행하기 위한 시스템 구성방법을 나타낸 그림이다. 시스템의 하부모듈은 유압실린더 시스템과 이를 제어하기 위한 개별제어기, 스트로크를 측정하기 위한 스트로크 측정센서로 구성된다. 개별제어기는 해당하는 유압실린더의 위치를 제어하기 위하여 개별적인 제어입력만을 전적으로 생성하는

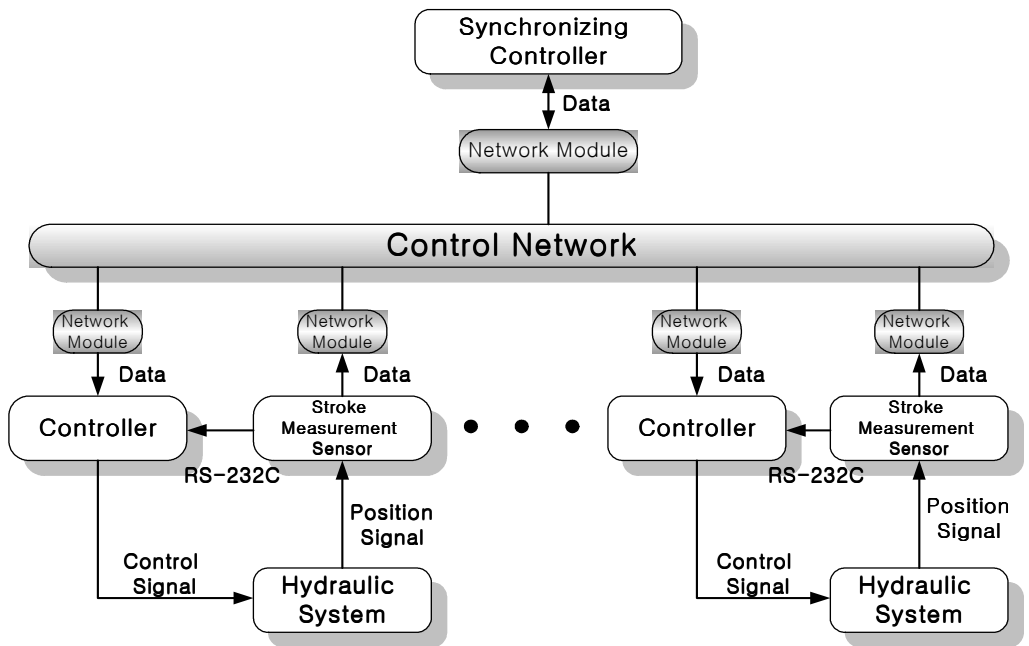


그림 2.1 다중 유압실린더로 구성된 위치동조 제어시스템의 전체 구성도
 Figure 2.1 Position synchronizing control system composed of multiple hydraulic cylinders

역할을 한다. 개별제어기와 스트로크 측정센서 사이는 RS-232C 시리얼 통신으로 연결되며 개별제어기는 센서로부터 스트로크 위치를 받아 피드백 루프를 구성한다. 2개 이상의 개별유압실린더 스트로크의 위치를 동조시키기 위하여 상위 레벨에서는 동조제어기가 구성된다. 개별제어기와 동조제어기 사이의 데이터 송수신을 위하여 전용의 제어네트워크가 구성된다[2].

2.2.1 유압실린더 시스템

유압실린더 시스템의 구성요소는 크게 유압동력 발생부, 유압동력 조절부, 유압동력 전달부로 이루어져 있다. 각 요소의 구성과 필수기능은 용도에 따라 달라지는데, 본 논문에서는 제어요소로서 전자비례밸브를 사용하고 있으며 유압실린더로는 편로드 유압실린더를 사용하고 있다. 그림 2.2는 본 논문에서 채용한 유압실린더 시스템의 구성도를 나타낸 것이다[2].

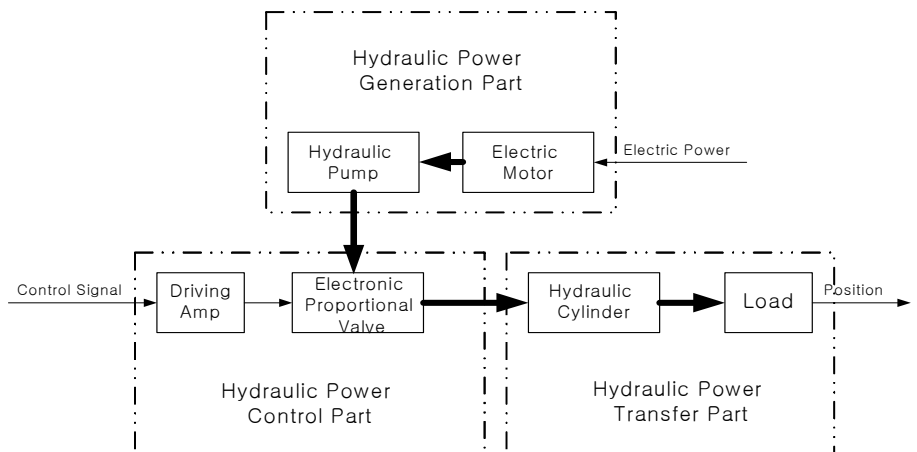


그림 2.2 유압실린더 시스템의 구성도

Figure 2.2 Composition diagram of hydraulic cylinder system

2.2.2 스트로크 측정센서

건설 중장비, 유압프레스, 수문용 액츄에이터 등 다양한 산업분야에서 사용되는 유압실린더 시스템의 피드백 루프를 구성하기 위해서는 피스톤 로드 의 정확한 위치를 검출할 수 있는 센서의 개발이 전제되어야 한다.

유압실린더 피스톤로드의 스트로크 위치를 측정하는데 사용되는 센서는 매우 다양하다. 그러나 온도변화가 심한 사용 환경이나 과도한 진동과 충격이 발생하는 거친 작업환경에 사용될 수 있는 사양을 지닌 센서는 거의 없으며, 특히 해수용 유압실린더 시스템 등에 응용하기 위해서는 유압실린더에 내장 가능하고 열악한 환경을 극복할 수 있는 전용의 센서를 개발하여 사용해야 한다. Hunger사와 Hydraudyne사, Hydrowa사 등 독일과 네덜란드 기업을 중심으로 해수용 유압실린더에 내장될 수 있는 센서를 개발하여 제품에 사용하고 있으나 마그네틱 센서를 스트로크 검출매체로 채용하고 있기 때문에 진동과 충격이 과도한 사용 환경에 있어서는 여전히 내구성 문제를 극복하지 못하고 있다. 또한 4분할 이상의 분할방법을 사용하기 위하여 2개 이상의 센서를 사용할 경우에는 센서 사이의 간섭과 센서 자체의 크기로 인하여 소형 실린더에는 내장될 수 없는 단점을 가지고 있다[3].

그림 2.3은 이상에서 언급한 단점들을 보완하면서도 유압실린더에 내장가능하도록 개발된 스트로크 측정센서의 구성요소와 스트로크 검출의 개념도를 나타낸 것이다. 스트로크를 검출하기 위한 센서로서 발광다이오드와 포토트랜지스터를 사용하고 있는 것이 특징이며, 원격 간접검출을 수행할 수 있도록 광파이버를 매체로 사용하고 있음을 알 수 있다. 궁극적인 스트로크 측정방식은 빛에 의한 8분할 내삽 증분형으로서 측정 1주기에 대한 스케일을 8등분한 분해능을 제공하고 있다.

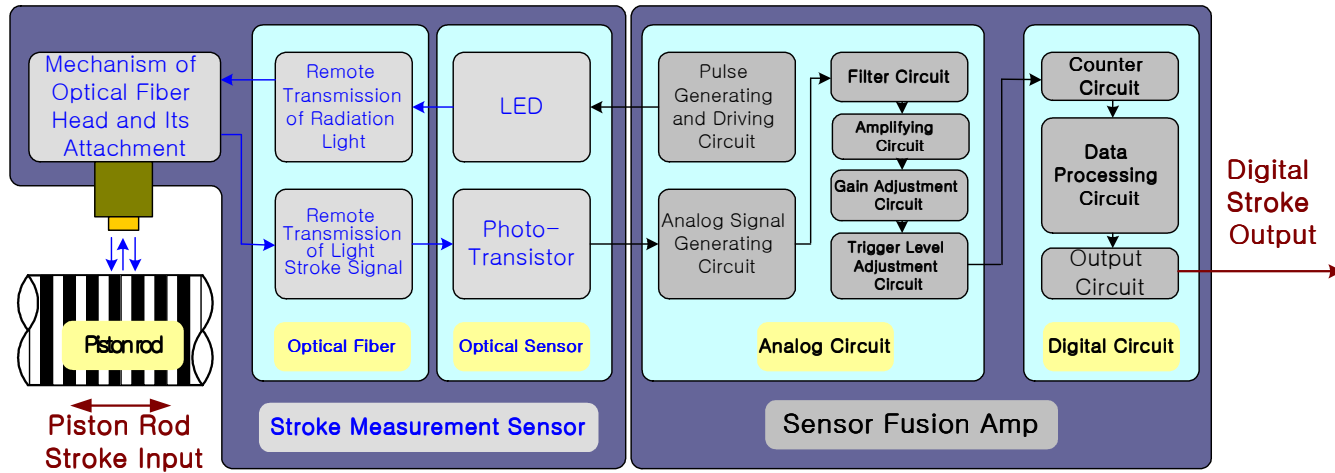


그림 2.3 피스톤 로드 스트로크 원격 측정의 개념도
Figure 2.3 A remote detection concept of piston rod stroke

2.2.3 개별제어기

복수개의 다중 유압실린더의 위치를 동조시키기 위해서는 하위레벨에 있는 개별유압실린더 시스템의 출력위치를 최적으로 제어하는 것이 선행되어야 한다. 따라서 유압실린더 시스템의 비선형성뿐만 아니라 작동조건에 따른 부하변동, 공급압력 변동 등 파라미터가 변화되더라도 항상 최적의 제어 성능을 발휘할 수 있도록 개별제어기를 구성하여야 한다. 본 논문에서는 비선형 유압실린더 시스템을 최적으로 제어하기 위하여 제어기의 파라미터가 시스템의 동작특성에 따라 가변되어 항상 최적의 제어 성능을 수행하도록 개발된 퍼지 PID 제어알고리즘을 기반으로 구성하였으며, 80C196KC MPU를 중심으로 한 디지털 제어기를 설계하였다[5]. 개발된 개별제어기는 스트로크 측정센서와는 RS-232C로 인터페이스 되어 있으며 상위레벨의 동조제어기

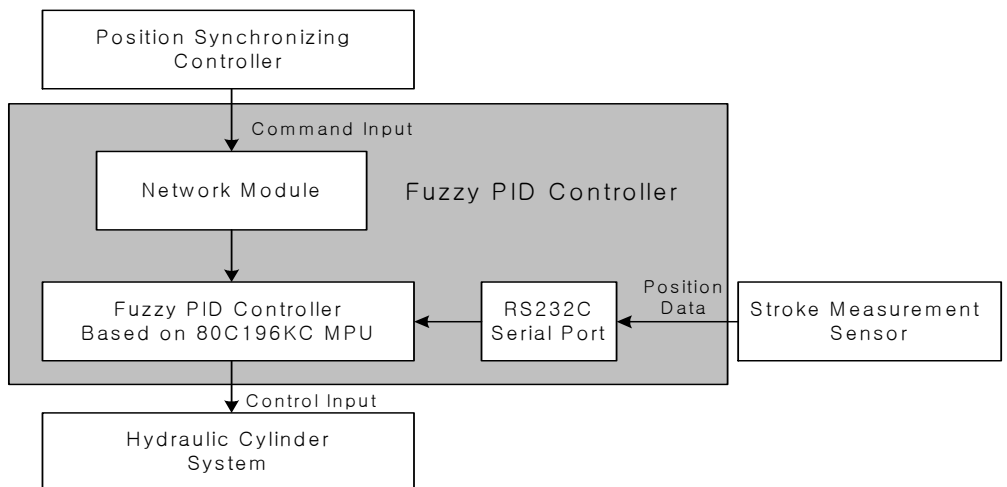


그림 2.4 퍼지 PID 기반으로 개발된 개별제어기의 구성도
 Figure 2.4 Configuration diagram of a developed fuzzy PID controller based on 80C196KC

와는 제어네트워크에 의하여 연결되어 명령입력과 위치동조를 위한 차동 제어입력을 다운 받을 수 있다. 그림 2.4는 개발된 개별제어기의 구성도를 나타낸 그림이다.

2.2.4 동조제어기

2개 이상 복수개의 유압실린더를 동시에 동일한 속도와 동일한 스트로크 위치를 갖도록 작동시키는 것을 위치동조라고 정의한다. 같은 규격으로 제작된 유압실린더라 하더라도 제작시에 발생하는 실린더 튜브나 피스톤로드, 피스톤 등의 기계적 가공오차와 그것들의 진원도, 진직도 등의 차이로 인해 동특성이 각기 다를 수 있다. 또한 사용되는 시일 제품의 균일성 문제 등으로 마찰력의 차이, 내부누설의 차이, 배관상태에 따른 배관저항 등에 기인하여 기계적으로는 동일한 유량을 공급하기가 매우 어렵다[6][7]. 따라서 탬이나 간척지 수문의 개폐, 선박 리프트 시스템, 로드 아웃 시스템 등에 사용되는 복수개의 유압실린더의 동작을 기계적인 방법만으로 허용 동조오차 내에서 동기 동조시키기란 거의 불가능하다.

본 논문에서는 하위레벨에서 개별유압실린더 시스템을 최적으로 제어하는 개별제어시스템이 구축되어 있다는 가정 하에, 개별유압실린더를 위치동조시키기 위하여 상위레벨에서 전자적인 동조제어기를 설계하여 하위의 개별 제어시스템에 위치동조에 대응하는 차동제어입력을 인가시키는 강제제어 방식을 채택하였다. 그림 2.5는 채택된 동조제어시스템의 구성을 나타낸 기능선도를 나타낸 것으로 상·하위레벨에 있는 모듈간은 제어네트워크로 결합되어 있다. 하위레벨에 있는 개별제어시스템의 위치신호 검출센서로부터 개별실린더의 스트로크 위치를 제어네트워크를 이용한 디지털 데이터통신으로

획득하고, 임의의 개별실린더를 주 동작 실린더로 설정한 후 나머지 실린더가 주동작 실린더의 속도와 위치를 추종하도록 차동제어입력을 생성한다. 생성된 차동제어입력을 제어네트워크를 통하여 개별제어시스템에 인가함으로써 한 사이클의 동조제어동작이 완료된다. 본 논문에서 선정된 동조제어기는 복수개의 모듈사이 에 주고받는 데이터 통신시간과 제어알고리즘 계산시간을 고려하여, 동조제어 오차에 대한 설계사양을 만족시킬 수 있는 최대 동조제어시스템 샘플링 시간 내에 동조제어 동작을 완료할 수 있도록

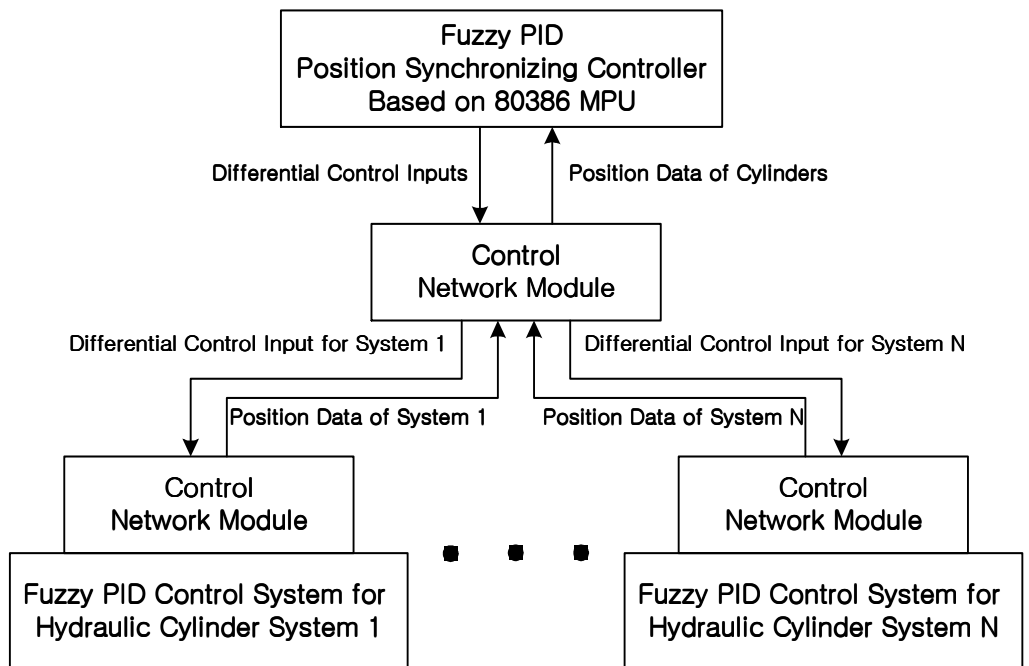


그림 2.5 80386 MPU 및 퍼지 PID 제어 기반의 위치동조 제어시스템 기능선도
 Figure 2.5 Function diagram of a position synchronizing control system based on 80386 MPU and fuzzy PID control

evb386 보드를 중심으로 구성하였다. 80386 MPU를 사용함으로써 운영체제의 개발이 필요 없고 제어네트워크를 구성하는데 필요한 관련된 프로그램을 포팅하는 작업이 간편하며, 인터넷과의 연결이 용이하여 동조제어시스템보다 상위레벨에서 이루어 질 수 있는 원격제어나 원격감시를 위한 기반을 제공하고 있는 장점을 지니고 있다.

동조제어알고리즘으로는 실린더 사이의 위치오차를 이용한 퍼지 PID제어를 사용하였다.

2.2.5 제어네트워크

다중 유압실린더 동조제어시스템의 구성장치 중 하부장치들은 넓은 지역에 분산되어 설치되어 있고, 그것들을 상시 감시하거나 통합제어하는 동조제어기는 원격제어룸에 설치되는 것이 일반적이다. 또한 동조되어야 할 실린더의 수가 증가할수록 요구되는 하부 모듈이나 장치의 수도 증가하게 된다. 이와 같이 넓은 지역에 분포되어 있는 많은 수의 모듈들 사이에서 센서의 측정데이터나 제어명령데이터를 원하는 샘플링시간내에 주고 받기 위해서는 이들을 통합할 수 있는 동조제어시스템 전용의 제어네트워크가 필요하다. 이러한 제어네트워크 구성방법은 필드버스에 의한 방법과 TCP/IP에 의한 방법이 있을 수 있다. 2.3절부터는 이들에 대한 구체적 내용을 살펴봄으로써 제어네트워크 구성을 위해 요구되는 조건을 찾는데 가이드라인을 제공하고, 궁극적으로는 RS-485 기반의 필드버스에 의한 동조제어네트워크 구성방법과 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 동조제어네트워크 구성방법에 대하여 구체적으로 검토한다.

2.3 필드버스에 의한 제어네트워크 구성

2.3.1 필드버스에 의한 제어네트워크 구성의 필요성

과거에는 대부분 제어대상 시스템이 규모가 크지 않고 단순하므로 간단한 제어이론을 응용한 단일 제어기로 제어가 가능하였으나, 근래에 와서는 발전, 정유, 화학, 비료, 제지, 자동차 등 중대형 플랜트가 건설되고, 그 안에 투입되는 계기 및 구동기 등이 정밀해지고 성능이 향상되었으며 그 수가 증가하는 추세에 있다. 따라서 플랜트를 제어할 때 고려해야 하는 대상의 수가 증가하게 되고, 처리해야 하는 정보의 양도 늘어나게 되어 과거와 같이 단일 제어기를 이용한 방식에는 한계가 나타나고 있다.

이러한 한계를 극복하기 위해 동일한 기능을 가진 중형 제어기를 두 대 이상 배치하여 각자 독자적으로 시스템의 정보를 수집하고 보유하는 기능을 탑재한 제어 알고리즘을 통하여 제어를 수행토록 하고, 동급의 제어기 및 상·하위 제어기들간에는 통신을 통해 정보를 교환하는 방식의 분산 제어 방식이 등장하게 되었다.

1980년대를 거치면서 플랜트 제어설비에 마이크로 프로세서를 적용한 프로그래머블 컨트롤러(PLC) 또는 분산디지털 제어장치(DCS)의 사용이 급격히 증가하였다. 이와 더불어 제어설비간의 온라인 통신기술 또한 비약적인 발전이 진행되었다. 최근의 공장자동화분야에서는 각기 다른 공장에서 다양한 제작자에 의해 만들어진 제어장치 즉, PLC, 로봇트 등의 제어장치를 이용하면서 공용의 데이터 통신장치를 이용하여 상호 정보교환 및 제어기능을 수행하도록 하고 있다. 중앙의 주 제어장치와 현장의 센서, 구동기 등과의 신호전송을 종래의 병렬전송 방식에서 직렬전송으로의 전환을 통한 데이터 통신은 물론 현장에 설치되는 지능형 장치(Smart Device)에서 직접 프로세

스 상태를 검출하여 구동 기기를 동작시킬 수 있는 형태의 조직적이고 표준화된 통신 프로토콜이 이미 기초단계의 개발이 종료된 상태이며, 보다 광범위한 적용을 위해 지속적으로 통신기술의 표준화를 추진하고 있는 상태이다 [8].

2.3.2 필드버스 개발배경

1980년대에 개발된 고성능 센서(Smart Sensor)의 사용이 증대됨에 따라 4~20mA 전송신호는 점차 디지털신호 전송형태로 교체되어 갔다. 이에 따라 다양한 마이크로 프로세서를 이용한 지능형 센서의 통합을 구현하여 사용자가 필드 네트워크의 편리성을 프로세스에 활용할 수 있도록 하는 필요성이 점차 대두되었다.

필드버스는 이러한 필요성에 따라 현재 산업현장에서 널리 이용되는 4~20mA 아날로그 신호를 대체하기 위해 개발된 새로운 디지털 통신방식이다. 그러나 이것은 단순히 아날로그 신호를 대체하는 것으로 끝나는 것이 아니라 훨씬 다양한 부가적인 기능을 필드 기기에 부가할 수 있도록 하였다.

디지털 통신을 사용함으로써 높은 정확성을 얻을 수 있는데, 필드버스는 마이크로 프로세서와 컨트롤러간에 서로 직접 통신을 하기 때문에 보다 정확한 통신이 가능하게 되었다. 그리고 필드버스는 측정 데이터와 제어 데이터를 함께 전송할 수 있으며, 이 데이터가 과연 신뢰할 수 있는 정보인지 아닌지도 판단할 수 있는 기능을 가지고 있다. 이러한 스마트 제어기기의 구체화, 형식화를 위해 필드버스의 표준화가 무엇보다도 절실히 요구되었다. 즉, 필드버스란 현존하는 4~20mA 아날로그 신호를 대체할 새로운 디지털 통신방식으로 지능형 현장 기기나 자동화 시스템간의 연결에 사용할 수 있

는 새로운 통신방식이며 표준화를 통하여 누구나 손쉽게 사용할 수 있는 측면을 제공할 수 있게 되었다[8].

2.3.3 필드버스 표준화와 국제기구

대부분의 제작사들은 자신들의 판로를 확보하기 위해 독자적인 디지털 통신기술을 개발하여 왔는데, 이러한 상태에서도 사용자들이 하나의 시스템을 다른 시스템으로 연결하기 위한 게이트웨이의 설계 능력을 갖춘 대규모 엔지니어링 기술진을 보유하고 있을 경우에는 별 문제가 되지 않지만, 대부분의 사용자들이 특정한 시스템과의 통신을 위해 관련 기술자를 지속적으로 확보할 수 없는 상황에 놓임에 따라 특정 시스템보다는 표준화된 제품을 필요로 하는 경우가 점차 증가하게 되었다.

1) 필드버스 표준화

필드버스 시스템은 과거 수년동안 제작, 사용되어 왔지만 현장기기 제작자간에 완전한 상호교환을 지원하는 국제 필드버스 프로토콜 표준화의 부족으로 현재 널리 확산되지 못하고 있다. 또한 필드버스는 그 필요성에 비해 표준화를 이루는데 너무나 많은 시간이 소요되었는데, 그 이유는 전 세계 제작사들이 자신들의 독창적인 아이디어를 표준화에 추가하려고 했기 때문이다. 현재 필드버스의 표준화를 위한 기관으로는 FIP(French National Standard, 프랑스)를 기초로 한 World FIP(World Factory Information Protocol)와 PROFIBUS(German National Standard, 독일)를 기초로 한 ISP(Interoperable System Project), IEC/ISA(International Electronics Committee / Instrument Society of America)가 있다. 주요 필드 기기 제작

자들에 의해 제안된 필드버스의 통신망들은 표 2.1과 같다.

표 2.1 제안된 필드버스 종류

Table 2.1 The kinds of the Fieldbus already proposed

	Fieldbus (company or country)
Remote I/O	Bitbus(Intel),Genius(GE-Fanuc), Interbus-S(Phoenix Contact)
Process control	Hart(Rosemount)
Car	CAN, VAN, J1859
Builing automation	LonWorks(Echelon), Batibus
General-use	FIP(Fre), PROFIBUS(Gen), MIL-Std-1553(USA)
etc	P-NET, ARCNET, MODBUS, ASI

2) 필드버스 국제기구

세계적으로 단일화된 필드버스 규약(Protocol)을 정립하기 위해 국제적인 그룹 즉, ISA, IEA, PROFIBUS(PROcess FieldBUS), FIP(Factory Information Protocol) 등 그 외 다수의 특정 프로토콜 제작자가 참여한 ISA/IEA SP50 위원회에서 필드버스 개념설정과 그 적용에 대해 많은 노력을 기울여 왔다. 그러나 ISA SP50 위원회가 여러 해 동안 필드버스의 규격작성을 진행해 왔으나 표준화 작업은 여러 가지 기술적인 문제와 이해 관계로 명쾌한 결론을 내리지 못하고 있는 상태이다. 이러한 상태에서 물리계층의 센서, 구동 기기, 제어기, PLC 등의 공정제어 레벨과 직접 연결하여 제어시스템과 데이터 통신을 구현할 수 있는 제품을 생산하고 있는 PROFIBUS, FIP, CAN (Controller Area Network), Interbus-S 등의 회사가 미국 시장을 주시하여

혼전을 벌이고 있고, Echelon은 LON 칩을 가지고 시장에 뛰어들 준비를 하고 있는데, 이러한 제품들이 대량 생산체계에 들어가면 향후 필드버스 및 이의 표준화에 영향을 미칠 수 있다.

필드버스는 WorldFIP와 ISP의 두개의 주요 그룹에 의해 지배되어 왔다. 최근 이 두개의 국제 조직은 필드버스 협회(Fieldbus Foundation ; FF)로 통합되었으며, 현재 PROFIBUS와 ISP가 시장 점유권을 놓고 경쟁하고 있다 [8].

2.3.4 필드버스 프로토콜

필드버스의 표준규격은 ISO7489에 규정된 OSI (Open Systems Interconnection) 7계층(Layer) 구조 모델을 골격으로 하고 있지만 실제로 물리계층(Physical Layer), 데이터 링크계층(Data Link Layer), 응용계층(Application Layer)으로 불리는 1, 2 및 7계층만을 구체화하였으며 여기에 8계층이라 일컫는 사용자계층(User Layer)이 있다. 필드버스는 네트워크간의 상호연결이 없으므로 OSI모델의 제 3계층에서 제 6계층은 사용하지 않는다. 이러한 단순화가 필드장비들과 같이 제한된 프로세스 능력을 지닌 필드버스를 더 빠르고 쉽게 구현할 수 있게 해 준다.

즉, 필드버스는 ISO의 OSI모델 7계층 가운데 산업현장의 자동화 시스템에 적합한 구조인 물리계층, 데이터 링크계층 및 응용계층의 3계층으로 구성된 모델이다. OSI 참고모델은 오픈 네트워크(Open Network)를 기반으로 하는 네트워크 구조를 위한 국제인증 표준이며, 이 표준은 모든 계층간의 통신을 위한 모델로 개발되었다[8].

2.3.5 필드버스 적용현황

최근에 필드버스의 표준화 개념을 적용한 제품이 제작자에 의해 일부 제품화되어 산업현장에 적용되고 있는 실정이다. 현재 일반화되어 있는 제품은 원래 목적의 필드버스(상위 레벨의 제어장치간 데이터 전송, 제어 및 통신관리 등) 보다는 하위 레벨인 센서 또는 기기 장치레벨에서의 통신에 적용할 수 있는 제품들이 출시되었으며, 이미 유럽의 생산공장 특히 공장자동화를 목적으로 하고 있는 자동차 산업, 제강산업 등에서는 이러한 필드버스 개념에 의한 작업이 거의 완료단계에 접어들었다 할 수 있다.

이들의 업체에서는 분산디지털 제어설비보다는 PLC, 로봇 등 제어설비를 주로 사용하는 업체로서 과거의 중앙 집중화되어 있던 제어장치(특히 I/O 모듈)를 상당부분 현장으로 이동하였으며, 생산라인의 증가시 별도의 제어장치를 증설하는 대신 현장에 필드버스 개념의 장치(Remote I/O, Controller)등을 추가하여 제어설비 추가에 따른 경비절감이나 건설공기 단축 등을 실현하고 있다[8].

2.3.6 필드버스로 구성된 네트워크의 장단점

1) 필드버스의 장점

네트워크 시스템에서 필드버스를 도입함으로써 얻을 수 있는 장점으로는 다음과 같은 사항들이 있다.

- 단일 전송 매체를 사용함으로써 기존의 점대점 통신방식에 비하여 배선에 소요되는 비용을 크게 절감할 수 있다.
- 디지털 신호를 사용함으로써 기존의 아날로그 방식에 비하여 노이즈에 의한 영향을 크게 줄일 수 있다.

- 기존의 방식에서는 한 장소에서 생성되는 여러 신호를 전송하기 위하여 여러 개의 신호선을 사용할 수밖에 없는데 비하여, 필드버스를 사용하는 경우에는 이러한 신호들을 다중화하여 한번에 전송할 수 있다.
- 기존의 방식이 단방향 통신만을 제공하는데 비하여 필드버스는 양방향 통신을 제공함으로써 네트워크를 통하여 각종 필드 기기들의 상태를 모니터링할 수 있을 뿐만이 아니라 센서의 주기적 보정과 같은 조치를 네트워크를 통하여 자동으로 수행할 수 있어 시스템의 운용 및 유지 보수에 소요되는 비용을 크게 절감할 수 있다.
- 필드버스는 센서에서 측정된 원 데이터에 대한 필터링, 선형화, A/D 변환, 공학 단위 변환 등의 각종 전처리 과정을 센서 내에서 완료되도록 하는 스마트 센서를 도입하여 시스템의 전체적인 제어 성능을 향상시킬 수 있다.
- 기존의 방식에서는 측정 데이터가 동조제어기에서 처리되어 제어 명령이 개별제어기로 전달되는 방식을 택하고 있으나, 측정 데이터가 개별제어기에서 바로 처리되는 필드 제어가 가능해지며, 따라서 분산 제어 시스템의 구축이 가능해진다.
- 시스템은 복잡해질수록 오류 발생 가능성이 증가하고 시스템의 유지, 보수에 많은 노력과 비용을 필요로 한다. 필드버스를 사용하는 경우에는 필드 기기들을 단순한 구조의 네트워크에 접속시킴으로써 원하는 시스템을 구축할 수 있으며, 따라서 시스템의 신뢰도가 증가되고 필드 장비들 간의 통신을 위한 하드웨어 및 소프트웨어 인터페이스에 비용과 노력을 절감할 수 있다[9].

2) 필드버스의 단점

필드버스는 위와 같은 많은 장점들을 가지고 있음에도 불구하고 설치의 어려움과 특별히 메이커들간의 프로토콜 호환성 부족의 큰 단점을 가지고 있다.

2.3.7 RS-485 기반의 필드버스에 의한 다중 유압실린더 동조제어네트워크 구성

RS-485의 통신 규격은 전기 신호의 특성과 제어 신호에 대한 기능만 규정하고 있다. 프로토콜에 대한 규정은 없지만, 이 통신 규격을 100% 활용하고자 할 때는, 사용하는 프로토콜이 반드시 여러 개의 유닛에 대해서 어드레싱과 버스 제어 기능을 지원해야 한다. 이 통신 규격의 가장 큰 장점은 모든 장치들이 같은 라인에서 데이터를 전송 및 수신할 수 있다는 것이다. RS-485의 특징은 다음과 같다.

- 선간 전압 차이를 이용하여 노이즈의 영향을 덜 받게 만든다.
- 이상적인 경우에 최장 전송 거리는 1200m이고, 최대 전송 속도는 10Mbps까지 가능하다.
- RS-485는 각 라인마다 여러 개의 트랜스미터와 리시버를 설치할 수 있다.
- RS-485는 반이중 (Half Duplex) 방식과 전이중(Full Duplex) 방식의 통신을 모두 지원하며, 각 방향에 대해서 두 선이 사용되고, 접지선으로 한 선이 사용된다.

위와 같은 특징때문에 동조제어네트워크를 RS-485로 구성하면 적은 비용으로 손쉽게 제어네트워크를 구축할 수 있게 된다. 또한 멀티포인트 버스를 이용하려면 마스터와 슬레이브가 어드레스를 가지고 있어야하고 데이터를

송·수신하기 위한 통신규약이 필요하게 되므로 필드버스 프로토콜을 사용
하여야 한다.

그림 2.6은 RS-485 결선도를 나타낸 그림이다. RS-485는 다대다 통신이
가능하다. 데이터를 전송시 라인의 상태를 감지하여 송·수신시 접속과 단
락을 해주어야 한다. 신호선은 두선을 사용하며 TRXD+, TRXD-로 되어있
으며 전압레벨은 TRXD+ = 5V, TRXD- = 0V는 하이(High), TRXD+ =
0V, TRXD- = 5V는 로우(Low)로 된다. RS-485 멀티드롭방식은 하나의 마
스터에 여러 개의 슬레이브가 연결되어 마스터가 어떤 슬레이브와 통신할지
결정하고 슬레이브를 호출하면 호출된 슬레이브가 응답을 하는 방식으로 동
작한다[10][11].

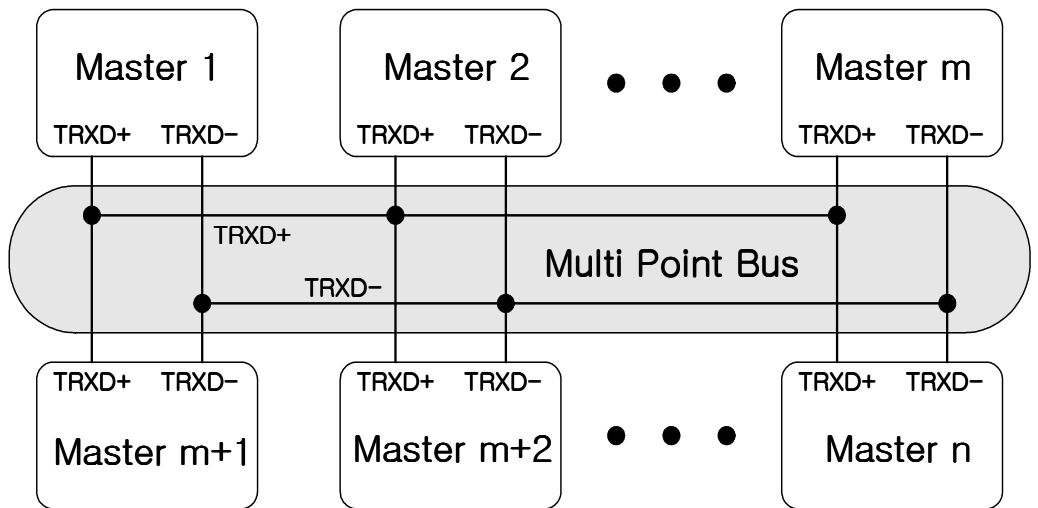


그림 2.6 RS-485 결선도

Figure 2.6 A communication diagram of RS-485

RS-485 기반의 필드버스에 의한 네트워크에서 동조제어 실행과정은 다음과 같다.

- 1) 동조제어기에서 스트로크 측정센서1에게 스트로크 측정 데이터를 요청하면 제어네트워크로 이 요청이 각 스트로크 측정센서로 전송된다.

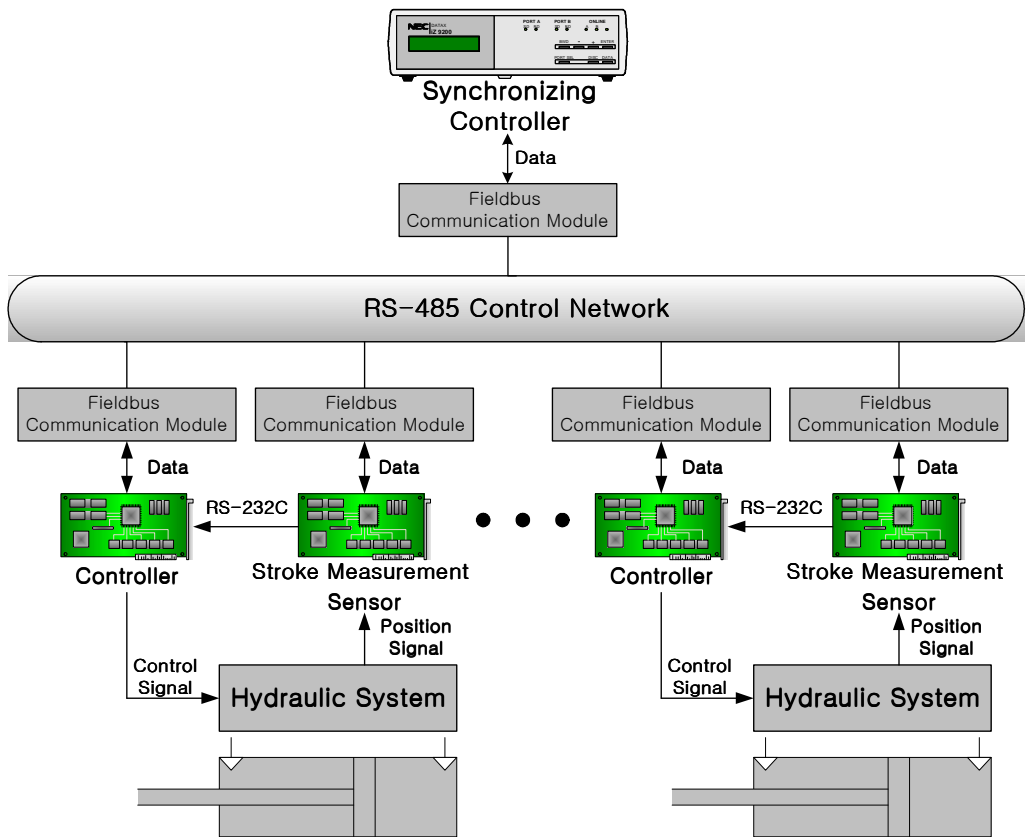


그림 2.7 RS-485 기반의 필드버스에 의한 동조제어네트워크 구성
 Figure 2.7 A synchronizing control network structure by the field bus based on RS-485

- 2) 요청을 받은 스트로크 측정센서1은 요청 메시지를 분석하여 어드레스가 자신의 어드레스와 같은지 확인하고, 같으면 에러체크 후 측정된 스트로크 측정 데이터를 제어네트워크로 보내게 되고 동조제어기에서 받게 된다.
- 3) 이 때 다른 스트로크 측정센서들은 자신의 어드레스가 아니므로 응답을 하지 않는다. 또한 동조제어기는 정해진 시간 안에 요청에 대한 응답이 돌아오지 않으면 재요청을 하게 된다.
- 4) 동조제어기는 스트로크 측정센서n에게도 1)~3)의 과정을 반복하여 스트로크 측정 데이터를 획득한다.
- 5) 4)의 과정을 마치면 동조제어기는 획득한 스트로크 측정 데이터들을 기반으로 동조제어명령을 생성하고, 각 개별제어기로 전송하게 된다.
- 6) 각 개별제어기는 스트로크 측정센서에서 RS-232C를 통해 획득한 스트로크 측정 데이터와 수신된 동조제어 명령을 기반으로 각 개별실린더를 제어 한다.
- 7) 1)~7)의 과정을 반복하여서 동조제어를 실행하게 된다.

2.4 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 제어네트워크 구성

2.4.1 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 제어네트워크 구성의 필요성

산업용 네트워크에서 교환되는 데이터는 시간의 중요도에 따라 실시간 데이터와 비 실시간 데이터로 구분할 수 있다. 실시간 데이터는 공유된 전송 매체를 통하여 실시간으로 전송되어야 하는 데이터이다. 그리고 실시간 데이터는 데이터가 정해진 시간 한계치 내에 전송되어야 한다는 실시간 요구 조건(Real-time Requirement)을 만족하지 못하면, 시스템의 성능이 저하될 뿐만 아니라, 시스템에 치명적인 오류가 발생할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 1980년대 말부터 자동화 시스템에서 실시간 요구 조건을 만족시킬 수 있는 산업용 네트워크, 즉, 필드버스가 여러 지역 표준기관들에 의하여 개발되었다. 그러나, 필드버스는 필드장치에서 발생하는 데이터들의 실시간 요구 조건을 만족시킬 수 있다는 장점을 가지고 있음에도 불구하고, 하드웨어 및 소프트웨어가 전통적인 점대점 연결 방식 때문에 설치가 어려우며, 여러 제조업체들간에 호환성이 부족하다는 문제점을 가지고 있다. 이로 인하여, 필드버스는 아직까지 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 적용되기에는 한계를 가지고 있다.

이러한 문제에 대한 대안으로서, 정보 통신 분야에서 널리 사용되고 있는 TCP/IP를 산업용 네트워크로 응용하기 위한 연구가 진행되고 있다[12].

2.4.2 TCP/IP로 구성된 네트워크의 장단점

1) TCP/IP의 장점

TCP/IP 프로토콜을 이용한 이더넷(Ethernet)통신은 전송되는 데이터의 안정성과 10Mbps에서 100Mbps의 빠른 속도가 장점이다. 최근에는 1Gbps

의 속도도 상용화 단계까지 왔다.

2) TCP/IP의 단점

2000년대에 들어서면서 인터넷 사용자의 급속한 확산과 이에 따른 대역폭 예측 부족으로 인하여 병목 현상과 속도 저하 등의 문제가 발생하고 있다 [13]. 산업용 네트워크에서 원격제어를 함에 있어서 가장 먼저 해결해야 할 문제점은 시간지연(Time-delay)의 문제점이다[14]. 또한 TCP/IP 통신은 패킷의 충돌이 16회 이상 발생하게 되는 경우, 전송이 취소되어 데이터가 상실될 수도 있다. 이러한 문제점은 스위치드 이더넷(Switched Ethernet)을 이용하여 문제를 해결할 수 있다. 최근 이 스위치드 이더넷의 가격이 하락하면서 이를 이용한 산업용 제어네트워크에 관한 연구가 수행되고 있다.

2.4.3 이더넷과 스위치드 이더넷

이더넷으로 알려진 IEEE 802.3은 1970년대 컴퓨터들간의 데이터 통신을 위하여 개발되었으며, 현재 정보 통신 분야에서 가장 널리 사용되고 있는 인터넷의 물리 계층과 데이터링크 계층을 이루고 있다. IEEE 802.3 표준에는 10Base-T, 100Base-T 등이 있으며, 최근에는 1Gbps급 이더넷에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있는 중이다. 여기에서, 10Base-T의 경우 전송속도가 10Mbps, 전송 매체로는 UTP(Unshield Twisted Pair)가 사용되며, 100Base-T의 경우 전송속도가 100Mbps, 전송 매체로는 UTP나 STP(Shield Twisted Pair)가 사용된다.

그림 2.8은 IEEE 802.3에서 MAC 방식으로 사용되고 있는 CSMA/CD의 통신 절차를 나타내고 있다. 먼저, 전송할 데이터를 가지고 있는 근원지 스

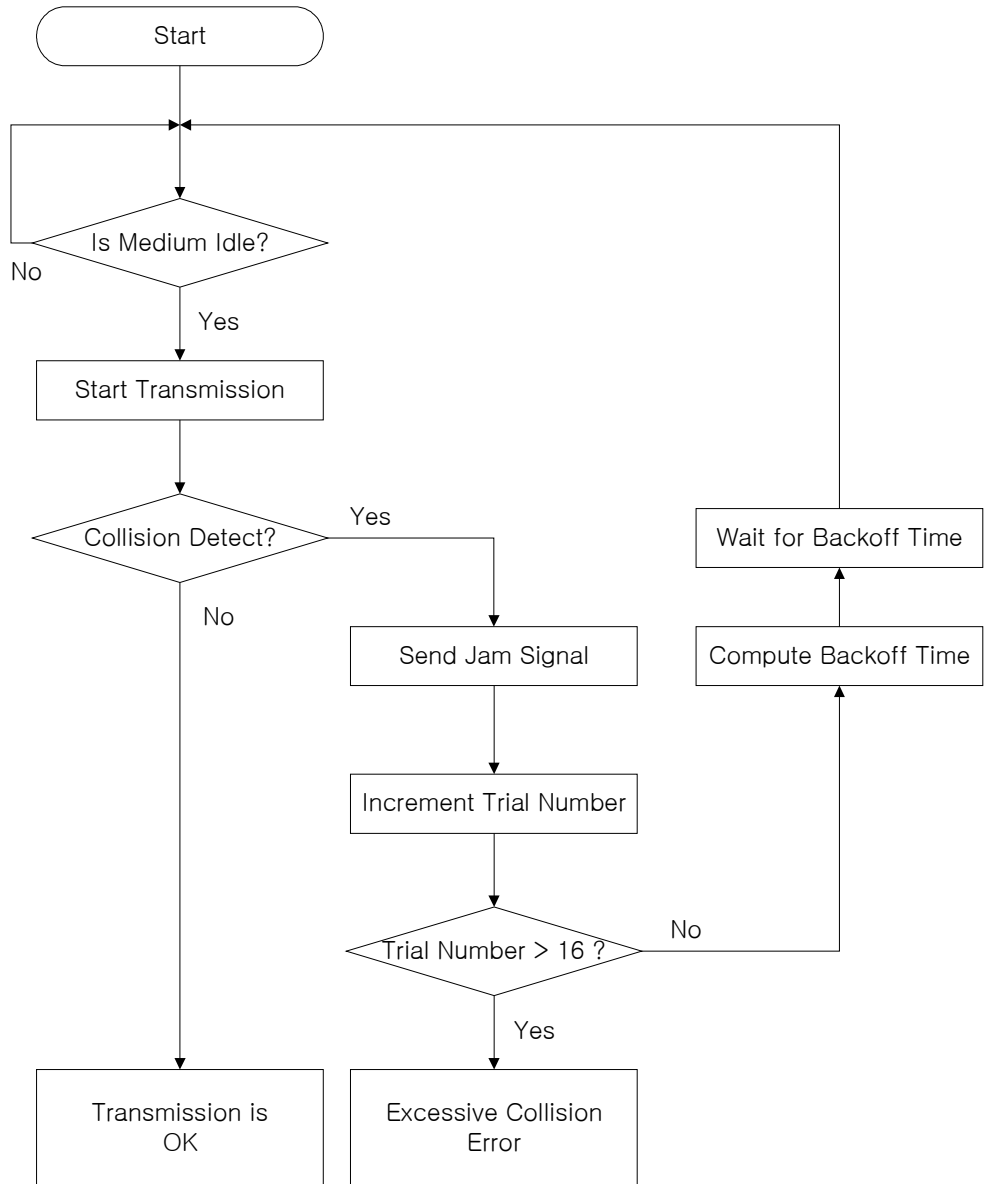


그림 2.8 CSMA/CD의 전송 절차
 Figure 2.8 Transmission procedure of CSMA/CD

테이션(Source Station)은 전송 매체가 사용 중인지를 검사한다. 만약 전송 매체가 사용 중인 경우, 근원지는 송신을 보류하고 전송 매체의 사용이 끝날 때까지 기다린다. 전송 매체가 사용 중이지 않는 경우, 근원지 스테이션은 목적지 스테이션(Destination Station)으로 오버헤드(Overhead)를 포함한 프레임을 전송한다. 만약 송신 도중에 충돌이 발생하는 경우, 근원지는 전송을 중단하고, 충돌 존재 신호(Jam Signal)를 전송하여 다른 스테이션들에게 충돌이 발생하였음을 알린다. 그리고 나서, 근원지 스테이션은 재전송 대기 시간 결정 알고리즘에 의하여 계산된 백오프 시간 전송 시도는 16회동안 이루어지며, 재전송 시도 횟수가 16회를 초과하는 경우 해당 프레임의 전송을 포기한다. 이더넷에서는 이러한 CSMA/CD의 통신 절차로 인하여, 트래픽이 높아지게 되면 충돌이 자주 발생하게 되며, 충돌 횟수만큼의 백오프 시간동안 기다림으로써 전송 지연이 증가하게 된다. 또한, 충돌이 16회 이상 발생하게 되는 경우, 전송이 취소되어 버리기도 한다. 스위치드 이더넷에서는 이러한 충돌 문제를 해결하기 위한 방법으로 스위칭 기술을 이용한다. 일반적으로, 이더넷은 네트워크에 접속된 모든 스테이션들이 전송 매체를 공유하고, 하나의 회선만을 이용하여 송수신이 이루어지는 반이중방식을 사용하기 때문에, 그림 2.9a에서 보는 바와 같이 근원지 스테이션이 프레임을 전송하면, 그 프레임이 모든 스테이션으로 전송된다. 이 때, 목적지 스테이션은 프레임을 수신하지만, 다른 스테이션들은 수신된 프레임을 무시한다. 여기에서, 프레임이 수신되기 전에 다른 스테이션이 송신을 하게 되면 두 프레임 간에 충돌이 발생한다. 그러나, 스위치드 이더넷에서는 스위치에 의하여 통신하려는 두 스테이션간에 전용의 가상 회선(Dedicated Virtual Circuit)이 설정됨으로써, 다른 스테이션들간의 충돌이 방지된다.

그림 2.9b에서 보는 바와 같이 근원지 스테이션이 프레임 전송하면, 스위치가 해당되는 목적지 스테이션으로만 프레임을 전송하기 때문에, 여러 개의 스테이션이 동시에 전송을 하는 경우에도 충돌이 발생하지 않는다. 또한, 스위치드 이더넷에서는 송신과 수신을 각각의 회선으로 수행하는 전이중(Full duplex)방식을 사용하기 때문에, 목적지에서 근원지로부터 송신된 프레임이 수신되기 전에 목적지가 송신을 하더라도 충돌이 발생하지 않는다.

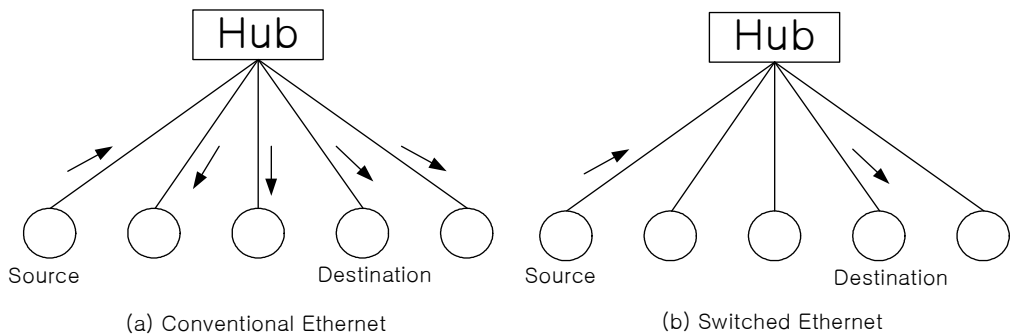


그림 2.9 이더넷과 스위치드 이더넷의 전송 방식 비교

Figure 2.9 Comparison of transmission methods of *Ethernet* and *switched Ethernet*

스위칭 기술의 대표적인 방식으로는 그림 2.10과 같은 축적 및 전송(Store and forward) 방식이 주로 사용된다. 그림에서, 스위치는 근원지 스테이션의 송신 회선으로부터 프레임을 수신하면, 해당 목적지 스테이션의 수신 회선이 사용 중인지 검사한다. 만약, 수신 회선이 사용 중이지 않으면 바로 전송을 하지만, 수신 회선이 사용 중이면 스위치의 버퍼에 저장한 후 수신 회

선의 사용이 끝날 때까지 기다린다. 만약 스위치에 동일한 목적지 스테이션을 가진 다수의 프레임이 수신되면, 스위치의 송수신 버퍼에 저장된 후 수신된 순서대로 목적지 스테이션으로 전송된다[12].

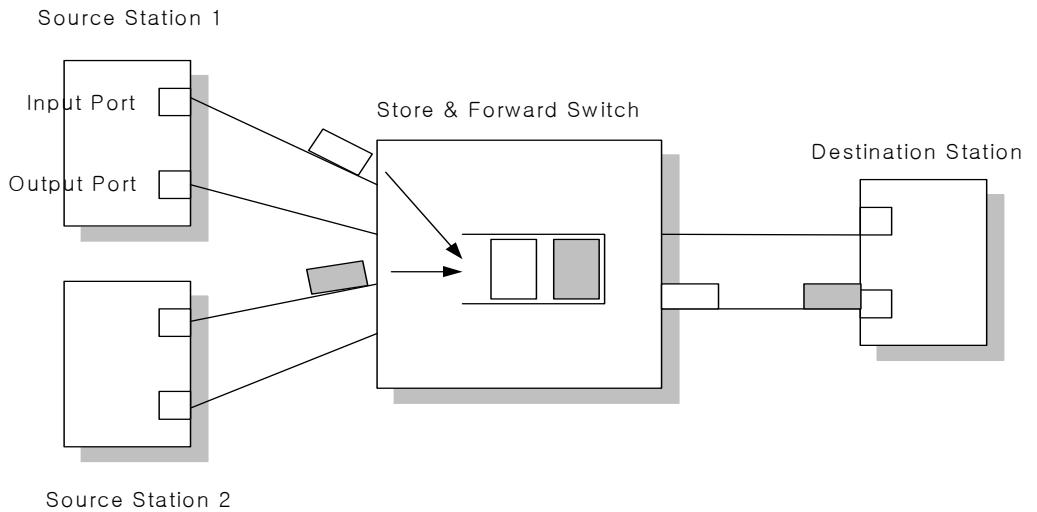


그림 2.10 축적 및 전송 방식의 개략도

Figure 2.10 Schematic diagram of store and forward switching method

2.4.4 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 다중 유압실린더 동조제어네트워크 구성

LAN 기반의 TCP/IP 네트워크에서 동조제어 실행과정은 다음과 같다. LAN 기반의 TCP/IP 네트워크에서는 동조제어기에서 스트로크 측정센서로 스트로크 측정 데이터를 요청하지 않고 스트로크 측정센서에서 동조제어기로 측정된 스트로크 측정 데이터를 계속해서 전송하게 된다. 즉, 동조제어기는 스트로크 측정센서로 스트로크 측정 데이터를 요청하지 않고 수신하는

것이 차이점이다.

- 1) 스트로크 측정센서1은 스트로크 측정 데이터를 제어네트워크를 통해 동조제어기로 전송한다. 스트로크 측정센서n도 스트로크 측정 데이터를 제어네트워크를 통해 동조제어기로 전송한다.

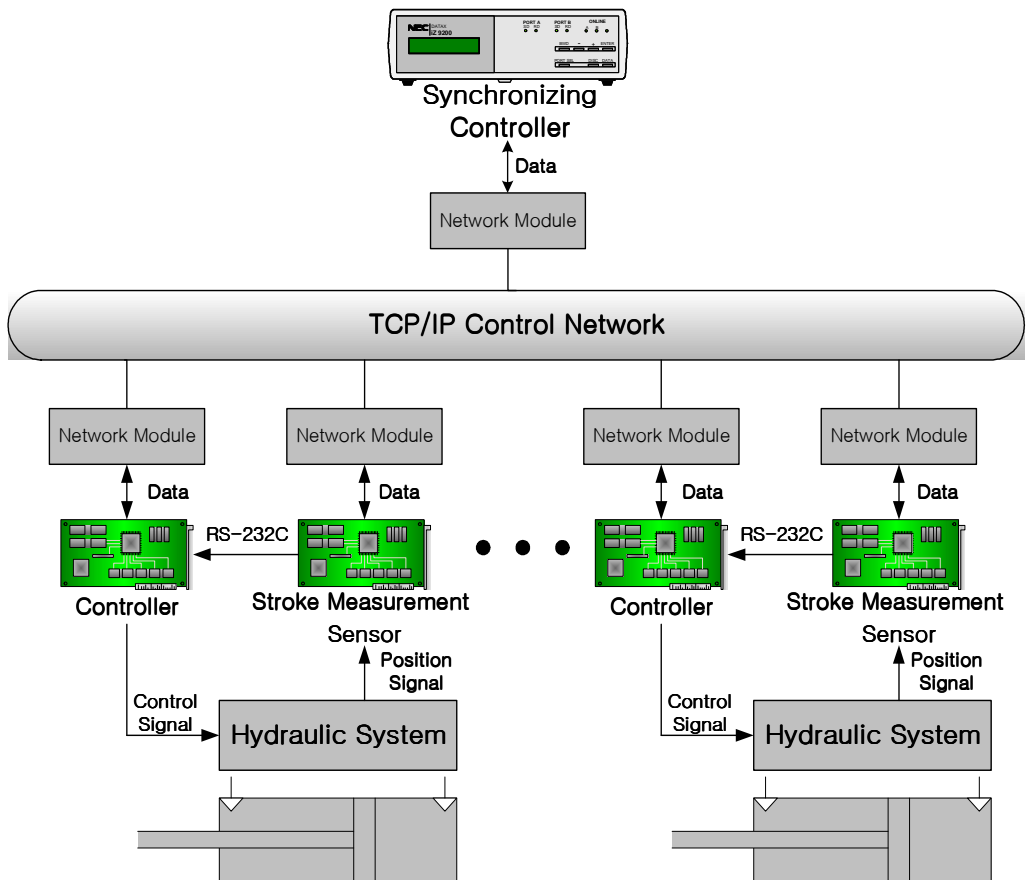


그림 2.11 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 동조제어네트워크 구성

Figure 2.11 A synchronizing control network structure by TCP/IP based on LAN

- 2) 동조제어기는 각 스트로크 측정 센서들이 전송한 스트로크 측정 데이터를 기반으로 동조제어 명령을 생성하고 제어네트워크를 통해 각 개별제어기로 동조제어 명령을 전송한다.
- 3) 각 개별제어기는 스트로크 측정 센서에서 RS-232C를 통해 획득한 스트로크 측정 데이터와 수신된 동조제어 명령을 기반으로 각 개별실린더를 제어 한다.
- 4) 1)~3)의 과정을 반복하면서 동조제어를 실행하게 된다.

제 3 장 다중 유압실린더 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링시스템 구성

3.1 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링의 필요성

다중 유압실린더 동조제어시스템의 구성장치 중 하부장치들은 넓은 지역에 분산되어 설치되어 있고, 그것들을 통합제어하는 동조제어기는 원격제어룸에 설치되는 것이 일반적이다. 또한 동조되어야 할 실린더의 수가 증가할수록 요구되는 하부 모듈이나 장치의 수도 증가하게 된다. 이와 같이 넓은 지역에 분포되어 있는 많은 수의 모듈들 사이에서 센서의 측정데이터나 제어명령 데이터를 원하는 샘플링 시간내에 주고 받기 위해서는 이들을 통합할 수 있는 동조제어시스템 전용의 제어네트워크가 필요하다. 또한 정보화 발전되고 정보기기들이 발전되면서 PC를 이용한 원격제어 및 모니터링에 대한 필요성도 자연스럽게 증가하게 된다. 일반적으로 다중 유압실린더 동조제어시스템에서 동조제어기는 현장의 제어룸에 위치해 있고 원격제어 및 모니터링 컴퓨터는 사무실이나 기타 다른 곳에 위치하는 경우가 많다. 이런 경우 동조제어기를 동작시키기 위해서는 제어네트워크를 이용하여 원격적으로 동작시켜야 한다. 때문에 원거리에서 이들을 제어하고 모니터링할 원격제어 및 모니터링 컴퓨터가 필요하고 응용소프트웨어가 개발되어야 한다.

3.2 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성방법

3.2.1 RS-485 기반의 필드버스에 의한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성

그림 3.1은 RS-485 기반의 필드버스에 의한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성도이다. 앞에서 언급한 RS-485 기반의 필드버스에 의한 전용 제어 네트워크에 원격제어 및 모니터링 컴퓨터가 RS-232C to RS-485 컨버터를 통해 연결되어 있다. 이러한 구성은 현재 산업현장에서 쓰이고 있는 대표적인 모니터링 방법이다.

원격제어를 위해서 원격제어 및 모니터링 컴퓨터는 동조제어기로 제어 명령을 전송한다. 동조제어 명령을 수신한 동조제어기는 각 스트로크 측정 센서로 현재 스트로크의 측정 데이터를 요청한다. 스트로크 측정 센서는 수신한 요청이 자신의 어드레스와 같다면 스트로크 측정 데이터를 동조제어기에 전송한다. 동조제어기는 이 데이터들을 이용하여 동조제어 명령을 생성하고 각 개별제어기로 동조제어 명령을 전송한다. 각 개별제어기는 스트로크 측정 센서에서 획득한 스트로크 측정 데이터와 수신된 동조제어 명령을 기반으로 각 개별실린더를 제어한다. 원격제어 및 모니터링 컴퓨터는 동조제어기로부터 각 스트로크 측정 센서의 스트로크 측정 데이터를 수신하게 되며 이 스트로크 측정 데이터를 기반으로 모니터링을 실시한다.

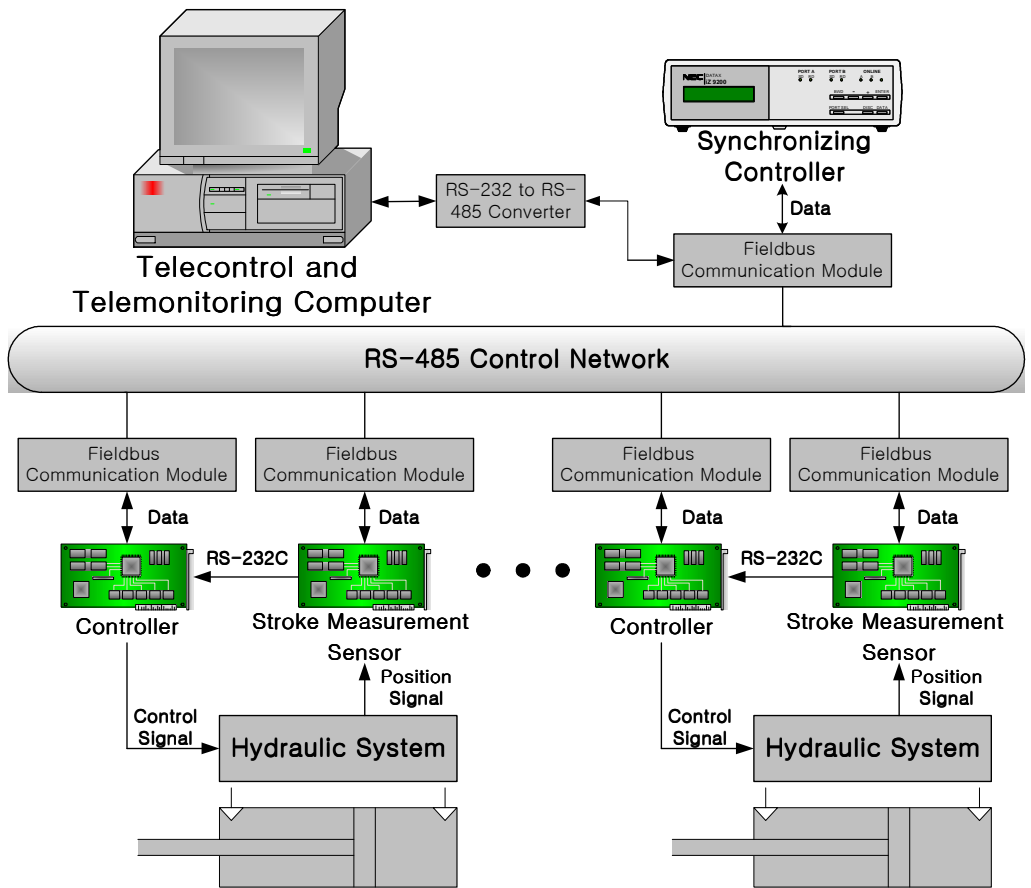


그림 3.1 RS-485 기반의 원격제어 및 모니터링 시스템 구성

Figure 3.1 A structure of a telecontrol and telemonitoring system based on RS-485

3.2.2 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성

그림 3.2는 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 원격제어 및 모니터링 시스템 구성도이다. 앞에서 언급한 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 제어전용 네트워크에 원격제어 및 모니터링 컴퓨터가 연결되어 있다. 이 시스템은 앞절의 RS-485 기반의 필드버스에 의한 원격제어 및 모니터링 시스템과 유사한 구성요소를 가지고 있는데 단지 제어네트워크와 사용되는 네트워크 모듈이 차이가 날 뿐이다. 원격제어를 위해서 원격제어 및 모니터링 컴퓨터는 동조제어기로 제어명령을 전송한다. 스트로크 측정센서는 지속적으로 현재 스트로크의 측정 데이터를 동조제어기로 전송한다. 동조제어 명령을 수신한 동조제어기는 각 스트로크 측정센서로부터 획득한 스트로크 측정 데이터를 이용하여 동조제어 명령을 생성하고 각 개별제어기로 동조제어 명령을 전송한다. 각 개별제어기는 스트로크 측정센서로부터 RS-232C를 통해 획득한 스트로크 측정 데이터와 수신된 동조제어 명령을 기반으로 각 개별실린더를 제어한다. 원격제어 및 모니터링 컴퓨터는 동조제어기로부터 각 스트로크 측정센서의 스트로크 측정 데이터를 수신하게 되며 이 스트로크 측정 데이터를 기반으로 모니터링을 실시한다.

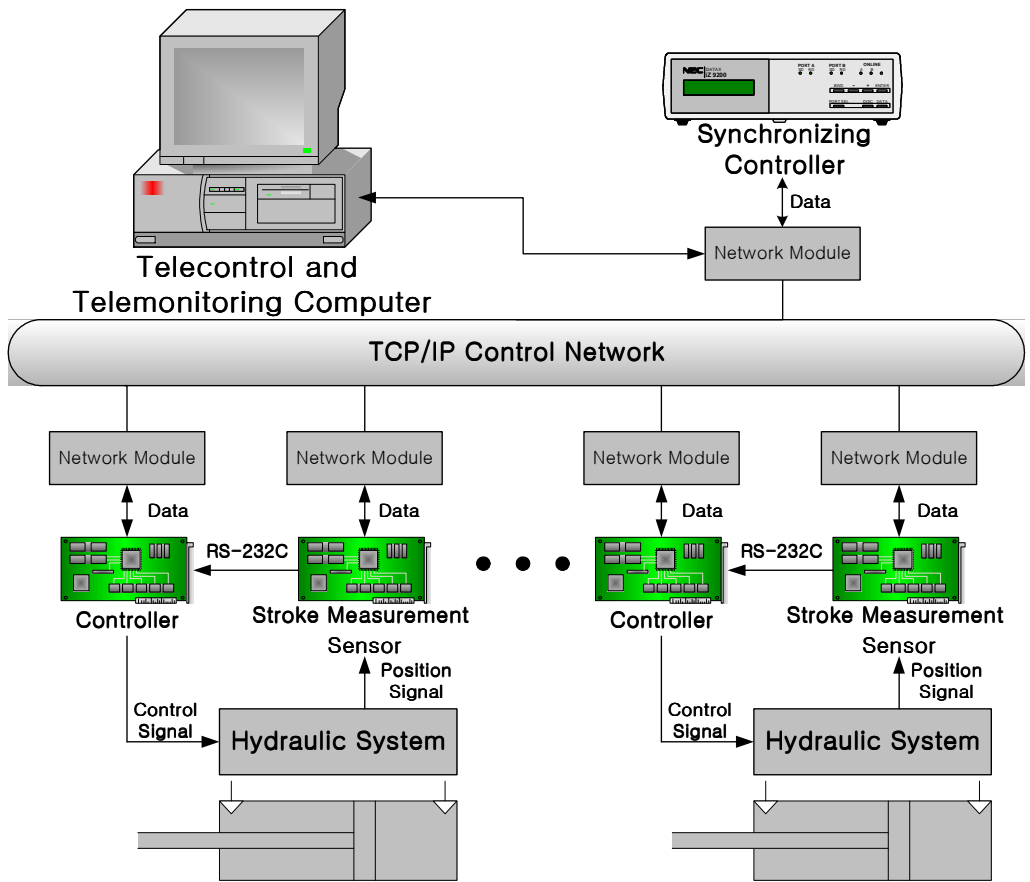


그림 3.2 TCP/IP 기반의 원격제어 및 모니터링 시스템 구성

Figure 3.2 A structure of a telecontrol and telemonitoring system based on TCP/IP

3.3 다중 유압실린더 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링 소프트웨어 개발

3.3.1 개발환경

LAN 환경에서 TCP/IP를 이용하여 필드기기들을 원격제어 및 모니터링 하기 위해서 전용의 원격제어 및 모니터링 소프트웨어를 개발하였다. PC에서 원격제어 명령을 동조제어기로 전송하고, 동조제어기로부터 개별실린더의 스트로크 측정 데이터를 획득하여 게이지 그래픽이나 텍스트로 디스플레이 한다.

개발환경은 Microsoft사의 Window sXP 환경에서 Borland사의 C++ Builder 6.0을 이용하여 만들었으며, TCP/IP 프로토콜을 이용하기 위하여 Winsock 2.0 API 함수를 이용하였다. 프로그램 사용환경은 제어 전용 로컬 네트워크에서 사용하였으며 패킷의 충돌로 인한 데이터의 시간지연 및 패킷 손실을 막기 위해 스위칭 허브를 이용하였다.

3.3.2 소프트웨어 구성

원격제어 및 모니터링 소프트웨어는 크게 원격모니터링부분과 원격제어부분으로 나뉜다. 원격모니터링부분은 동조제어기로부터 획득한 개별 실린더의 정보와 다중 실린더의 동조 정보, 개별 실린더의 상태 확인 등의 요소로 구성되어 있고, 원격제어부분은 절대위치 설정 명령과 수동 업/다운 명령, 상대위치 설정 명령 등을 동조제어기로 하달 할 수 있다.

3.3.3 원격모니터링을 위한 소프트웨어

그림 3.3은 ‘Monitoring’ 페이지의 초기화면이다. 왼쪽의 ‘Monitoring’버튼

과 우상단의 'Monitoring' 탭을 눌러 이동할 수 있다. 'Monitoring' 버튼이 눌러지면 버튼은 비활성화 된다. 각 실린더의 스트로크 측정 데이터를 나타내는 게이지 그래프가 있고 그 위로 스트로크 측정 데이터를 텍스트로 보여주는 창이 있다. 그 위에는 각 실린더의 동작 여부를 나타내는 'On/Off' 램프가 있다. 현재 모든 실린더가 'Off' 상태이다. 그 위쪽에 각 실린더의 상태를 나타내어 주는 'Cylinder' 버튼이 있다. 현재 각 실린더는 0~1000.0mm까지 측정이 가능하도록 초기값이 셋팅이 되어있다. 이 초기값은 아래쪽의 'Set' 버튼을 눌러 각 실린더의 최소값과 최대값을 초기화 할 수 있다.

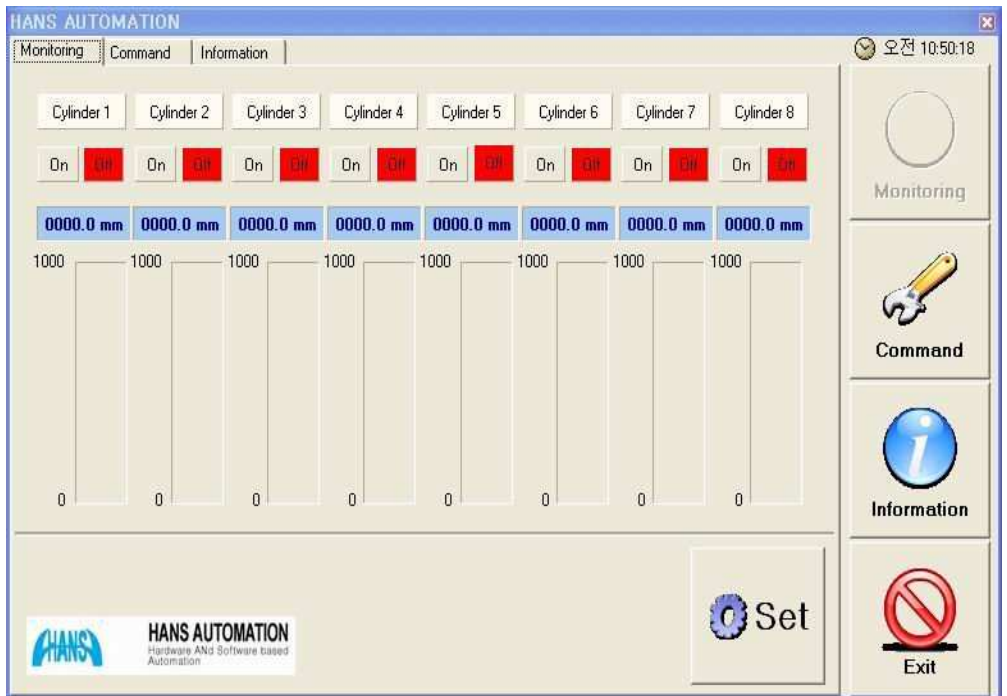


그림 3.3 Monitoring 페이지
Figure 3.3 Monitoring page

그림 3.4는 'Monitoring' 페이지에서 하단의 'Set' 버튼을 눌러 활성화된 전체 실린더의 최소값과 최대값의 초기화하는 화면이다. 초기값은 현재 최소값이 0mm, 최대값이 1000mm로 되어 있는데, 이것을 수정하여 실린더의 최소값과 최대값을 초기화 한다. 또한 실린더 전체를 동일하게 초기화 할 수 있고, 개별실린더를 각각 초기화 할 수 있다. 예를 들어, 실린더3의 최소값과 최대값을 초기화 하고자 한다면, 좌측의 'One'을 선택하고 'Cylinder3'을 선택한 후 최소값과 최대값을 수정하면 된다. 또, 전체 실린더를 초기화 하고자 한다면 우측의 'All'을 선택하고 최소값과 최대값을 수정하면 된다.

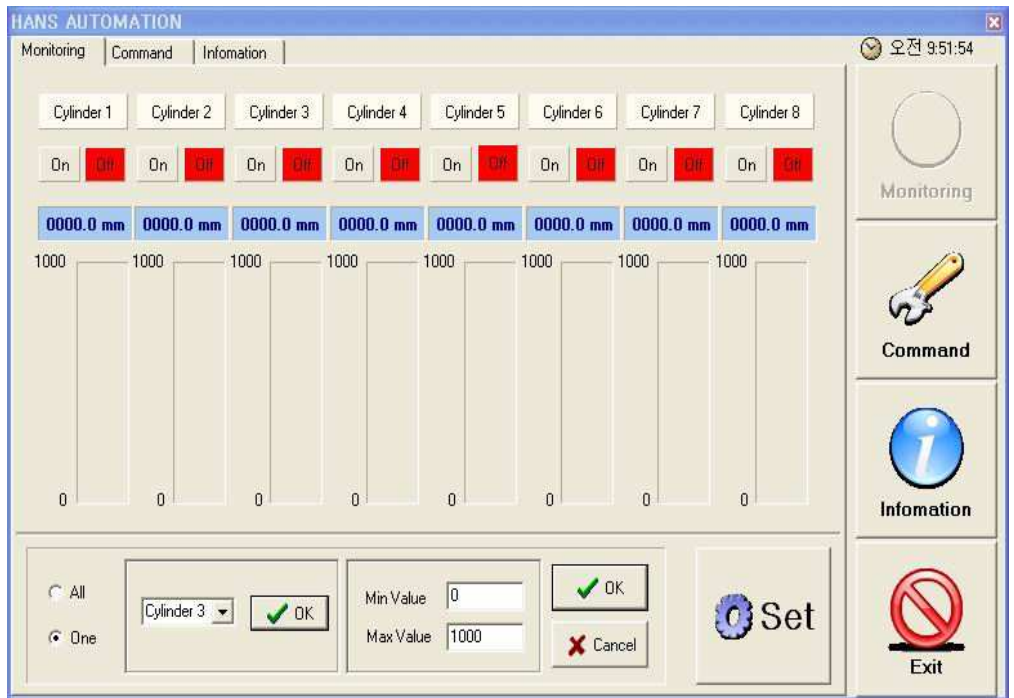


그림 3.4 전체 실린더 초기화
Figure 3.4 Initialization of entire cylinders

그림 3.5는 실린더가 동작할 때의 'Monitoring' 페이지 화면이다. 현재 실린더1~실린더4까지 네 개의 실린더가 동작중이고, 현재 실린더는 131.0mm로 동조되어 동작하고 있다. 게이지 그래프는 131.0mm만큼의 게이지가 올라가 있고, 그 위의 창에서는 텍스트로 이 스트로크 측정 데이터를 나타내어 주고 있다. 또한 실린더1~실린더4까지의 'On/Off' 램프는 'On'이 켜져있어 동작중임을 확인할 수 있고, 실린더5~실린더8까지의 'On/Off' 램프는 'Off'가 켜져 있어 동작하지 않음을 알 수 있다. 실린더가 동작중에는 실린더의 초기값을 변경할 수 없으므로 'Set'버튼은 비활성화 되어 있다.

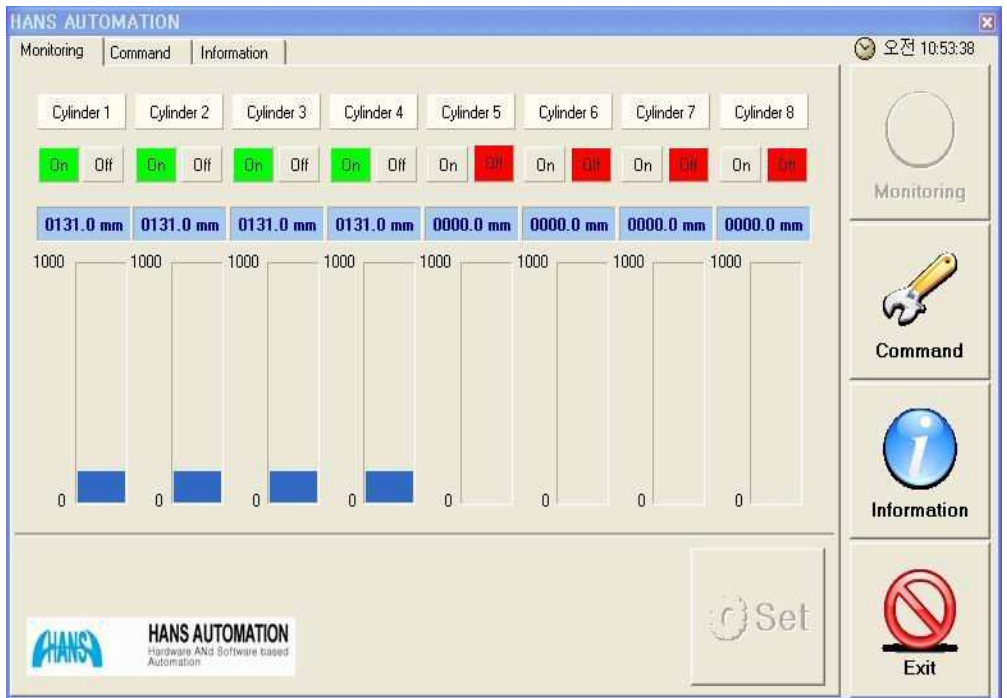


그림 3.5 전체 실린더 동작
Figure 3.5 Entire cylinders operation

앞의 그림 3.5의 'Monitoring' 페이지에서 위쪽의 'Cylinder3'버튼을 누르면 그림 3.6과 같은 실린더3의 현재 정보를 확인할 수 있다. 위쪽의 번호버튼을 누르면 해당 번호의 실린더 상태를 확인할 수 있다. 좌측에는 게이지 그래프로 현재 스트로크의 값이 얼마인지 확인할 수 있으며, 우측의 스트로크의 절대위치, 절대위치 오차, 동조위치 오차도 알 수 있다. 현재 실린더3의 절대위치는 226.0mm이고, 실린더3과 제일 느린 실린더 사이의 차이인 절대위치 오차는 0.0mm이고 동조제어 명령과 현재 실린더3의 동작과의 차이값인 동조위치 오차는 0.0mm임을 알 수 있다. 즉 동조제어가 되고 있는지를 이 값들을 통해 확인할 수 있다.

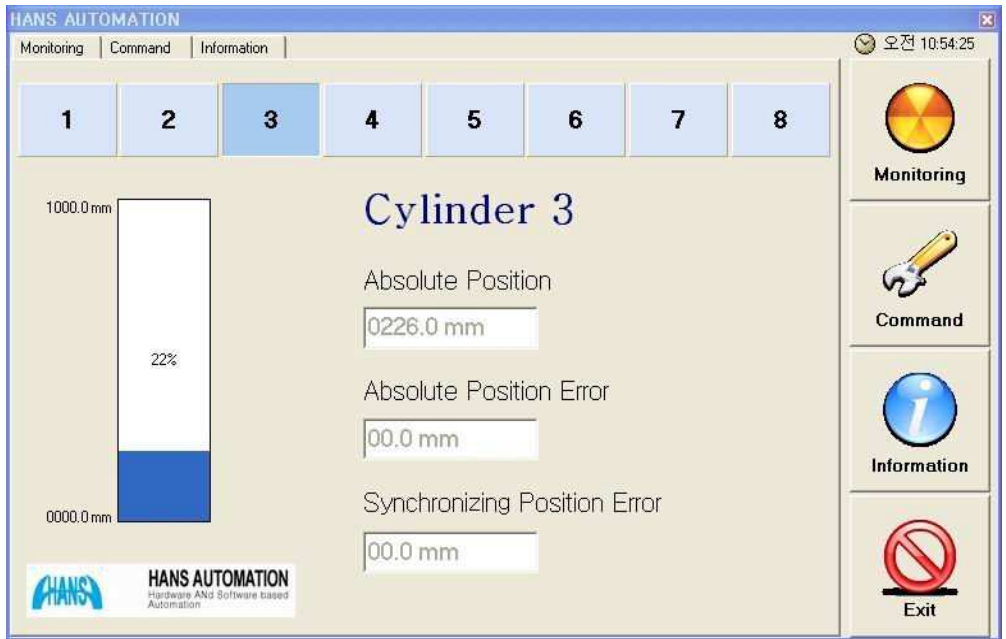


그림 3.6 개별 실린더 정보

Figure 3.6 The information of an individual cylinder

그림 3.7은 'Information' 페이지로서 전체적인 실린더의 정보를 볼 수 있다. 우측의 'Information'버튼과 위쪽의 'Information'탭을 이용하여 이동할 수 있다. 실린더가 전체의 9/10 이상의 위치에서 'Maximum' 알람이 표시되고, 전체의 1/10 이하의 위치에서 'Minimum' 알람이 표시된다. 동작중인 실린더는 'Connect'램프에 표시가 된다. 현재 실린더1에서 실린더4까지 'Connect'램프가 표시되어 있으므로 4개의 실린더가 동작중임을 알 수 있다. 현재 모든 실린더가 902.0mm의 위치만큼 동조제어되어 동작하고 있다. 실린더의 최대값이 1000.0mm이므로 현재위치는 최대값의 9/10이상이므로 'Maximum' 알람이 표시되어 있다.

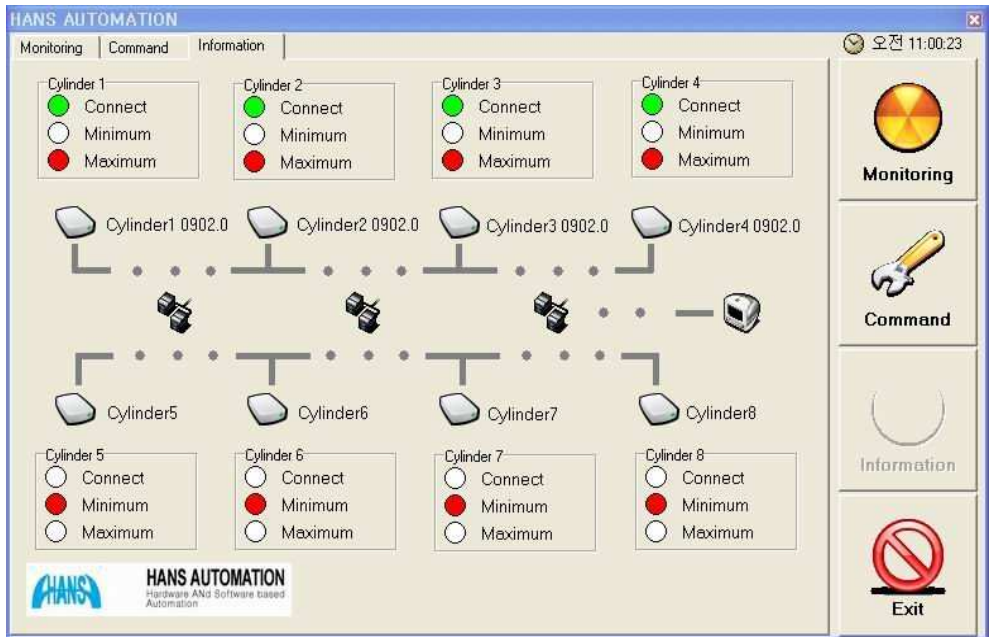


그림 3.7 Information 페이지

Figure 3.7 Information page

3.3.4 원격제어를 위한 소프트웨어

그림 3.8은 'Command' 페이지의 초기화면으로서 동조제어기로 동조제어 명령을 내릴 수 있는 페이지이다. 이 페이지는

- a) 'Absolute Position Setting'
- b) 'Manual Up/Down Operation'
- c) 'Relative Position Setting'

의 세 가지 명령으로 구성되어 있으며 각 명령은 동시에 수행될 수 없기 때문에 한 명령이 선택되어지면 다른 명령은 비활성화된다. 명령과 값을 선택한 후 'Tele-Command Execution' 버튼을 누르면 명령이 동조제어기로 전송된다.

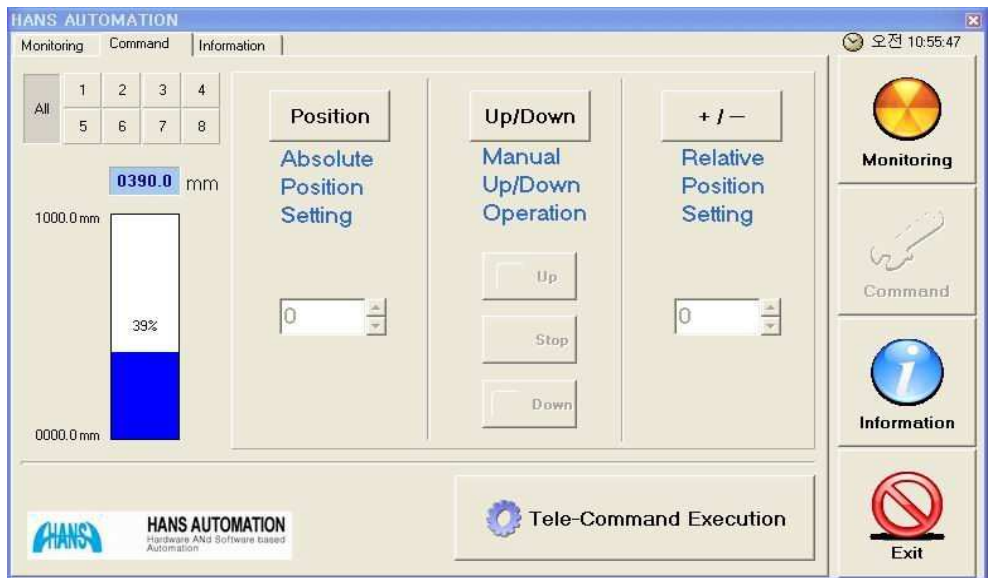


그림 3.8 Command 페이지
Figure 3.8 Command page

좌측의 'All' 버튼을 누르면 전체 실린더에 대한 동조제어 명령이 전송되고, '1'버튼부터 '8'버튼까지의 버튼을 누르면 해당버튼의 개별실린더에 대한 동작 명령이 전송된다.

그림 3.9는 절대위치 설정 명령을 선택한 화면이다. 절대위치 설정 명령은 실린더의 스트로크를 사용자가 원하는 절대위치만큼 이동하도록 하는 명령이다. 현재 453.0mm의 위치에 있는 실린더1의 스트로크를 600.0mm의 위치까지 이동하라는 명령으로서 'Position'버튼을 누른 후 값을 600으로 설정하고 'Tele-Command Execution'버튼을 누르면 실행이 된다.

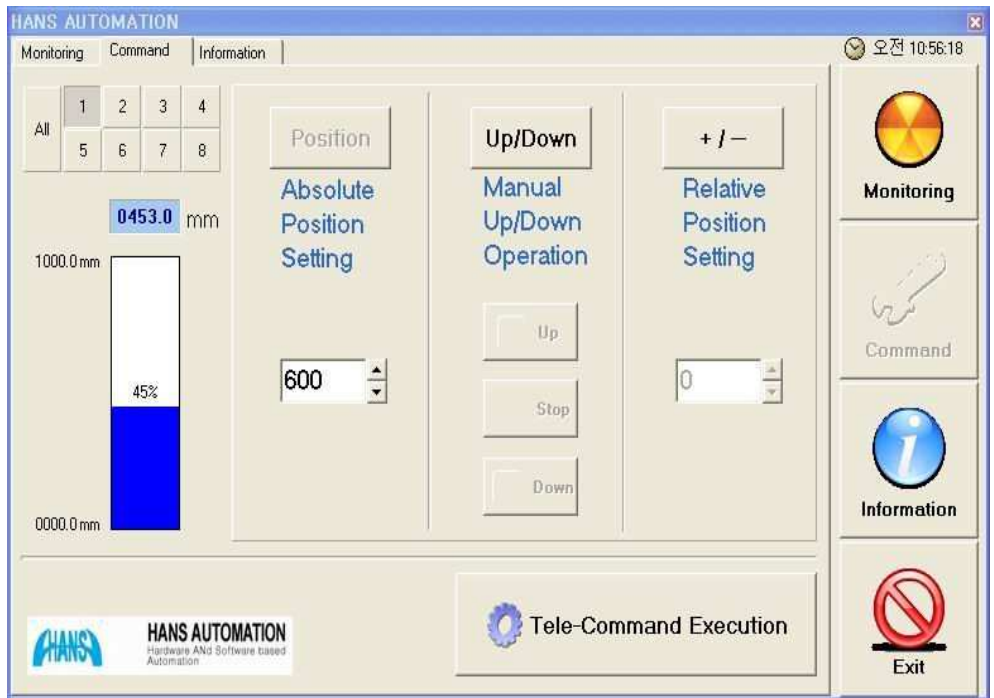


그림 3.9 절대위치 설정 명령

Figure 3.9 Absolute position setting operation

그림 3.10은 수동 업/다운 명령이다. 수동 업/다운 명령은 수동으로 실린더의 스트로크를 업다운 하는 명령으로 'Up', 'Stop', 'Down'으로 구성되어 있다. 현재 실린더2의 스트로크의 측정 데이터가 545.0mm인데 'Up'버튼을 눌러서 더 증가시키고 있다. 먼저 'Up/Down'버튼을 누른 후 'Up'버튼을 누르고 'Tele-Command Execution'버튼을 누르면 실행이 된다. 원하는 위치만큼 스트로크가 도달하면 'Stop'버튼을 눌러서 정지시키고 스트로크값을 감소시키기 위해서는 'Down'버튼을 누르고 'Tele-Command Execution'버튼을 눌러서 스트로크값을 감소시킨다.

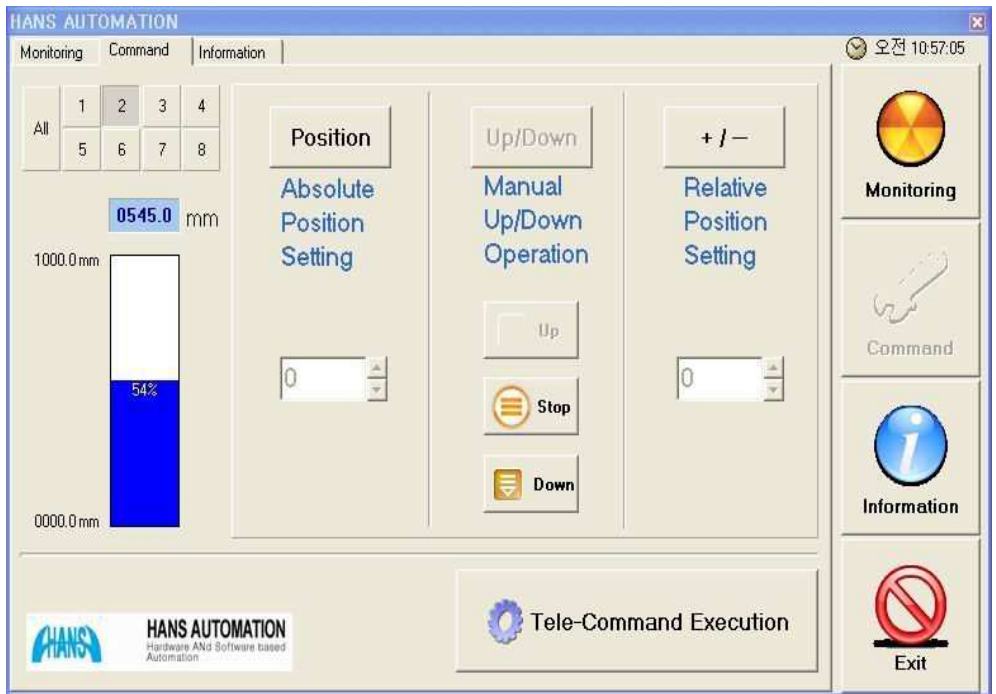


그림 3.10 수동 업/다운 명령
Figure 3.10 Manual up/down operation

그림 3.11은 상대위치 설정 명령이다. 상대위치 설정 명령은 실린더의 스트로크를 현재 위치에서 사용자가 원하는 상대적 위치만큼 이동하도록 하는 명령이다. 현재 실린더4의 스트로크가 729.0mm의 위치에 있는데 -125.0mm만큼 이동하여 604.0mm의 위치까지 감소하라는 명령이다. 먼저 우측의 '4' 버튼을 눌러서 실린더4을 선택하고, '+/-'버튼을 누른 후 값을 -125로 조정하고 'Tele-Command Execution'버튼을 누르면 실행이 된다. 상대위치 설정 명령은 실린더가 동작 중인 상태에서 실행하면, 설정하고 실행하는 과정에서 생기는 지연시간으로 오차가 발생할 수 있으므로 실린더가 정지되어 있을 때 사용하여야 한다.

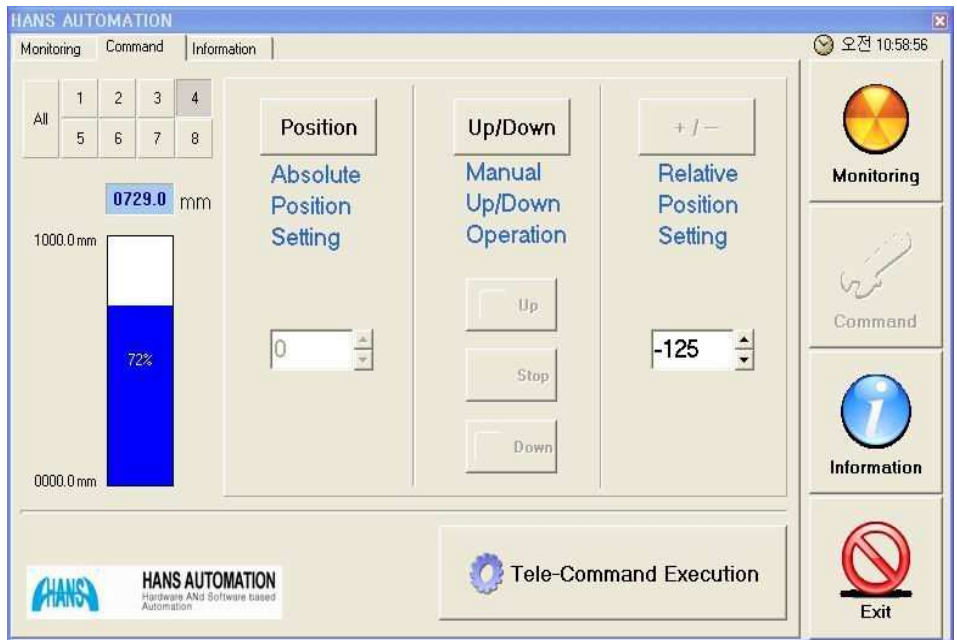


그림 3.11 상대위치 설정 명령

Figure 3.11 Relative position setting operation

제 4 장 다중 유압실린더 동조제어시스템의 원격제어 및 모니터링 가능성 실험

4.1 RS-485 기반의 필드버스에 의한 원격제어 및 모니터링 가능성 실험

4.1.1 실험장치의 구성

본 장에서는 PLC의 Modbus 프로토콜 요청 메시지를 PC에서 생성해서 이 요청메시지에 대한 스트로크 측정센서의 응답 메시지를 확인하여 실시간 동작 여부를 확인하고자 한다. 실험 장치 구성은 그림 4.1과 같이 PLC의 동작을 에뮬레이션해주는 PC와 PC에서 나오는 RS-232C 신호를 RS-485신호로 변환해 주는 컨버터와 스트로크 측정센서로 구성된다.



그림 4.1 RS-485 기반의 실험 장치 구성

Figure 4.1 An experiment apparatus based on RS-485

4.1.2 Modbus ASCII 프로토콜의 개발

RS-xxx 프로토콜에는 장치와 통신할 때 쓰이는 소프트웨어에 대해서 특별한 언급이 없다. 장비의 소프트웨어 프로토콜이 특정한 장비의 어드레스를 설정한다. 시리얼 인터페이스 장치 생산자들이 널리 사용하는 프로토콜은 장비의 명령어를 구성하는 ASCII 스트링 세트이다. 각 장치의 발신기와 수신기 사이에는 긴밀한 동시작업을 위한 구조가 되어있지 않기 때문에, 일반적으로 이러한 프로토콜을 비동기 프로토콜이라 일컫는다. 이러한 네트워크는 일반적으로 주장치-종속장치 관계로 이루어져 있어, 하나는 주장치가 되고 다른 것들은 종속장치가 된다. 보통, 모든 장치들은 전원이 들어가자마자 수신 모드로 설정되어 메시지가 들어오기를 기다린다. 주장치가 메시지를 발신하면, 모든 장치들은 메시지를 받아 그 메시지가 자신에게로 오는 메시지인지 판단한다. 만약 메시지가 자신의 어드레스로 오는 메시지라면, 그 장치는 시리얼 인터페이스에 데이터를 쓰는 등 메시지를 통해 주어진 임무를 완수한다.

단순한 ASCII 명령어보다 훨씬 복잡하면서도 표준 RS-232나 RS-485에 쓸 수 있는 산업용 시리얼 프로토콜이 많이 있는데 이러한 프로토콜의 전형적인 형태가 PLC와 함께 사용되는 네트워크이다. 이 형태 프로토콜의 예로는 Modbus와 OptoMux등이 있는데 관련 프로토콜에 대한 자료는 쉽게 구할 수 있기에 사용하는데 무리가 없고 Modbus나 OptoMux를 사용하는 장비의 숫자가 의외로 많기에 이 두 시리얼 프로토콜 사용빈도가 높다.

Modbus는 비동기통신 방식인 ASCII모드와 동기통신 방식인 RTU모드가 있다. 본 논문에서는 비동기통신 방식인 ASCII모드로 실험을 하였다.

Modbus-ASCII 프로토콜의 메시지 프레임은 표 4.1과 같다.

표 4.1 Modbus ASCII 프로토콜의 메시지 프레임

Table 4.1 A message frame of Modbus ASCII protocol

START	ADDRESS	FUNCTION	DATA	LRC CHECK	END
:	2 CHARS	2 CHARS	n CHARS	2 CHARS	2 CHARS CR,LF

1) 요청 메시지(Query Message)

요청 메시지에서 정의된 기능 코드(Function Code)는 지정된 스트로크 측정 센서가 수행할 동작의 종류를 나타낸다. 스트로크 측정 센서의 동작은 기능 코드 03의 Read Holding Register이다. 데이터 부분은 스트로크 측정 센서가 해당 기능을 수행하는데 필요한 추가정보를 나타낸다. 에러 검사 부분은 스트로크 측정 센서가 메시지의 내용이 타당한지를 검증할 수 있도록 정보를 제공한다.

- ADDRESS : 실린더 1 -> 01 , 실린더 2 -> 02
- FUNCTION : 03
- STARTING ADDRESS : 0001
- NUMBER OF REGISTERS : 0003

표 4.2는 실린더 1에 대한 요청 메시지의 예이다.

표 4.2 요청 메시지 프레임

Table 4.2 A query message frame

구분	START	ADDRESS		FUNCTION		STARTING ADDRESS		STARTING ADDRESS		NO. OF REGISTERS		NO. OF REGISTERS		LRC		CR	LF
						HI	LO	HI	LO	HI	LO	HI	LO				
Hex	3A	30	31	30	33	30	30	30	31	30	30	30	33	42	38	0D	0A
ASCII	:	0	1	0	3	0	0	0	1	0	0	0	3	B	8	CR	LF

2) 응답 메시지(Response Message)

스트로크 측정센서가 정상적인 응답 메시지를 만드는 경우, 기능 코드는 요청 메시지의 기능 코드와 동일하다. 데이터 부분은 스트로크 측정센서가 측정한 데이터가 저장되며, 에러 검사 부분은 PLC가 메시지의 내용이 타당 여부를 검증할 수 있도록 정보를 제공한다.

- ADDRESS : 실린더 1 -> 01 , 실린더 2 -> 02
- FUNCTION : 03
- BYTE COUNT : 06
- REGISTER VALUE
 - 1 WORD : 부호 (+ : 0000, - : 0001)
 - 1 WORD : 정수
 - 1 WORD : 소수

다음은 응답 메시지의 예들이다.

- a. 실린더 1, 데이터 -0056.5

START : ‘:’

ADDRESS : 01

FUNCTION : 03

BYTE COUNT : 06

REGISTER VALUE : 0001 0056 0005

LRC : 9A

END : CR, LF

- b. 실린더 1, 데이터 +0145.0

START : ‘:’

ADDRESS : 02
FUNCTION : 03
BYTE COUNT : 06
REGISTER VALUE : 0000 0145 0000
LRC : B0
END : CR, LF

3) 에러 메시지(*Error Message*)

통신상에 에러가 발생하면 기능 코드는 현재응답이 에러에 대한 응답임을 나타내도록 수정되어 전송된다. 에러 코드는 현재 에러의 종류를 나타내며 01-04의 네 가지가 있다.

- *ADDRESS* : 실린더 1 -> 01, 실린더 2 -> 02
- *FUNCTION* : 83
- *ERROR CODE*
 - 01 : *FUNCTION ERROR*
 - 02 : *STARTING ADDRESS ERROR*
 - 03 : *QUANTITY ERROR*
 - 04 : *LRC ERROR*

표 4.3은 에러 메시지의 예이다.

표 4.3 에러 메시지 프레임

Table 4.3 An error message of frame

구분	START	ADDRESS		FUNCTION		ERROR CODE		LRC		CR	LF
Hex	3A	30	31	38	33	30	31	37	42	0D	0A
ASCII	:	0	1	8	3	0	1	7	B	CR	LF

4.1.3 실험결과

그림 4.2는 실험 결과이다. 그림의 좌측은 PC에서 에뮬레이션한 PLC의 요청 메시지 프레임이고, 우측은 이 요청 메시지에 대한 스트로크 측정센서의 응답이다. 좌측의 #000001 메시지는 실린더1의 스트로크 측정 데이터를 획득하기 위한 요청 메시지이다. 메시지 구성은 3A(Start ':') 30 31(Address '01') 30 33(Function '03') 30 30 30 31(Starting Address '0001') 30 30 30 33(No. of Registers '0003') 42 38(LRC 'B8') 0D 0A(End 'CR LF')로 이루어져 있다. 이 요청 메시지를 받은 스트로크 측정센서는 먼저 요청 메시지가 자신의 어드레스와 일치하는지 확인하고 일치하면 에로체크 후 측정된 스트로크 데이터를 응답 하게 되는데, 우측의 #0000001에서 #0000002까지가 그 응답 메시지로서 스트로크 측정 값이 -5160.0mm이다. 메시지 구성은 3A(Start ':') 30 31(Address '01') 30 33(Function '03') 30 36(Byte Count '06') 30 30 30 31(부호 '-') 35 31 36 30(정수 '5163') 30 30 30 30(소수 '0') 34 34(LRC '44') 0D 0A(End 'CR LF')로 이루어져 있다. 실험결과 정상적으로 통신이 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있다. 또한 이 실험에서 요청 메시지의 지연시간 즉 요청 인터벌을 70ms이상로 했을 경우에 스트로크 측정센서에서 응답 메시지가 정상적으로 발생하는 것을 확인하였다.

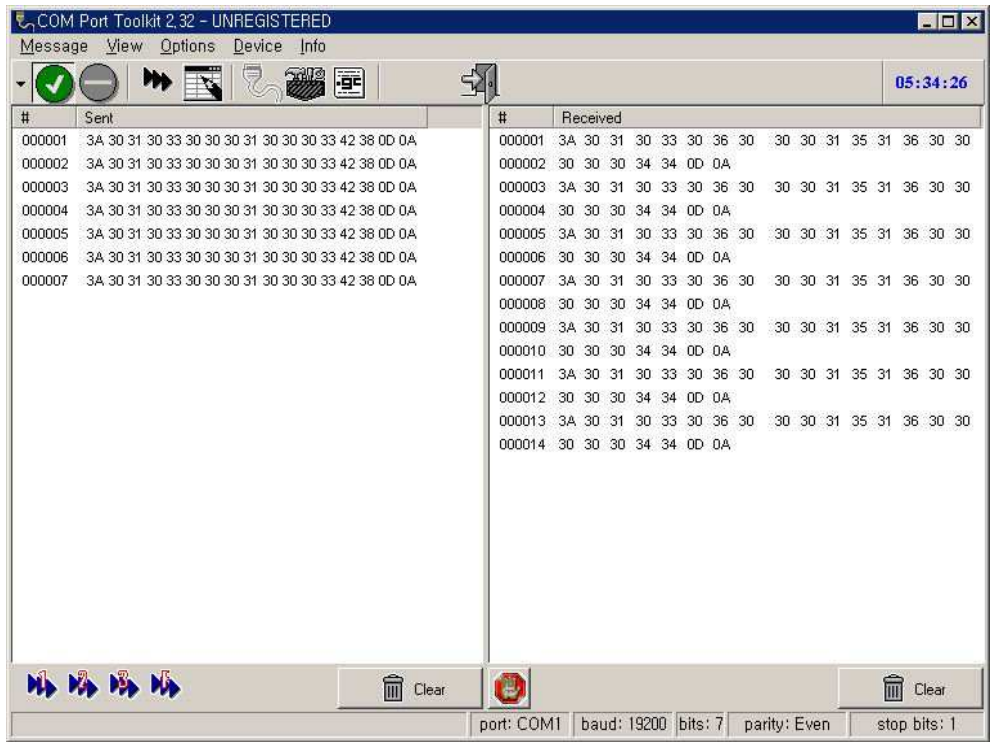


그림 4.2 실험 결과
Figure 4.2 A result of an experiment

4.2 LAN 기반의 TCP/IP에 의한 원격제어 및 모니터링 가능성 실험

4.2.1 실험장치 구성

본 장에서는 스트로크 측정센서에서 측정된 값이 모니터링 페이지에 실시간적으로 나타나는지에 대한 여부를 확인한다.

실험 장치는 그림 4.3과 같이 모니터링을 하는 PC, 스위칭 허브, 스트로크 측정센서로 구성되어 있다.



그림 4.3 TCP/IP 기반의 실험 장치 구성
Figure 4.3 An experiment apparatus based on TCP/IP

4.2.2 실험 결과

앞에서의 RS-485 기반의 필드버스에 의한 원격제어 및 모니터링 가능성 실험은 RS-485에서 하나의 슬레이브가 선을 독점할 수 없기 때문에 PLC에서 데이터를 요청하고 스트로트 측정센서는 그 요청이 자신의 것인지 확인한 후 데이터를 보내는 방식으로 스트로크 측정 데이터를 획득했으나 LAN에서는 클라이언트들이 선을 공유하고 보내는 데이터는 허브에서 자동적으로 목적지로 보내어 지기 때문에 각각의 스트로크 측정센서는 지속적으로 스트로크 측정 데이터를 보내기만 한다.

그림 4.4는 실험 결과이다. 데이터가 정상적으로 수신되는 것을 확인할 수 있다. 제어전용으로 구성된 로컬네트워크에서 스위칭 허브를 사용하였으므로 데이터의 충돌이나 손실없이 10Mbps의 여유로운 대역폭을 이용하여 정확하고 빠른 데이터 수집이 가능하였다. 따라서 LAN을 이용한 다중 유압실린더 동조제어시스템의 제어네트워크로서 적합한 것을 확인할 수 있다.

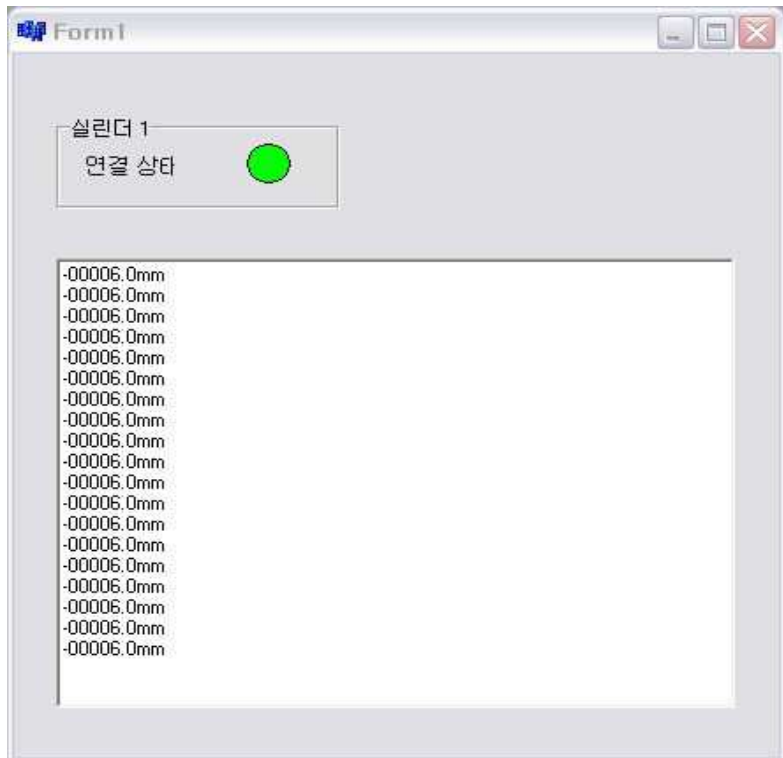


그림 4.4 실험 결과

Figure 4.4 A result of an experiment

제 5 장 결 론

넓은 지역에 분포되어 있으면서 많은 수의 하부장치들을 갖는 다중유압실린더의 피스톤로드 위치를 동조시키기 위해서는 동조제어시스템이 구성되어야 하며, 이를 원격제어 및 모니터링 할 수 있는 시스템이 구성되어야 한다.

다중유압실린더 동조제어시스템을 위한 원격제어 및 모니터링과 관련하여 본 논문에서 수행한 연구내용과 실험결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 유압실린더 개별제어시스템과 스트로크 측정센서, 동조제어기 사이에 제어데이터와 센서데이터를 양방향으로 통신할 수 있도록 동조제어 전용의 네트워크를 도입하여 다중유압실린더 동조제어시스템을 구성하는 방법을 제안하였다. 구체적으로는 RS-485 기반의 필드버스를 사용한 동조제어네트워크 구성방법과 LAN 기반의 TCP/IP를 사용한 구성방법을 제안하였다. 이를 위하여 필드버스와 TCP/IP를 이용한 네트워크의 장단점 등 설계 시에 고려해야 할 내용을 상세히 검토하였다.
2. 동조제어시스템과는 네트워크로 연결되어 있으면서 상위레벨에서 동조제어시스템의 동작상태를 원격으로 제어하고 감시할 수 있는 원격제어 및 모니터링시스템 구성방법과 소프트웨어를 개발하였다. 구체적으로는 원격제어 및 모니터링을 수행할 수 있도록 TCP/IP 소켓 통신을 이용할 수 있는 모니터링 페이지를 개발하였다.
3. 제안된 동조제어시스템에 대한 원격제어 및 모니터링의 가능성을 검토하기 위하여 실험을 수행하였다. 구체적으로는 RS-485 기반의 Modbus ASCII 프로토콜을 이용한 원격제어 및 모니터링 실험과 LAN 기반의 TCP/IP를 이용한 실험을 수행하였고 실험결과 그 가능성을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 최효식, “가변 설계파라미터 퍼지PID제어기를 이용한 다중실린더 위치동조제어,” 한국해양대학교, 碩士論文, 2003.
- [2] 임종욱, “TCP/IP 네트워크 기반의 다중 해수용 유압실린더 위치동조제어에 관한 연구,” 한국해양대학교 碩士論文, 2003.
- [3] 김진규, “해수용 센서내장형 유압실린더와 다중실린더의 위치동조제어에 관한 연구,” 한국해양대학교 碩士論文, 2001.
- [4] <http://www.tritek.co.kr/board/BUS.htm>
- [5] 박장호, “퍼지 PID 제어기의 성능개선과 비선형 유압실린더 위치제어에의 응용,” 한국해양대학교 碩士論文, 2001
- [6] 韓相華, *유압기계*, 성안당, 1994.
- [7] 不二超油壓研究그루우프, *알고 싶은 油壓*, 機電研究社 編輯部, 1981.
- [8] 정승교, “필드버스 현재와 향후 전망,” *월간 자동제어계측*, 1999.
- [9] 한양대학교 통신망 응용기술 연구실, “<http://fieldbus.hanyang.ac.kr/>”
- [10] <http://220.75.229.144:8088/Downloads/Korean/Q4.pdf>
- [11] <http://sun.uos.ac.kr/network/sercom.htm>
- [12] 이경창, 김태준, 이석, “실시간 산업용 통신을 위한 Switched Ethernet의 성능 평가,” 제어·자동화·시스템공학 논문지, pp. 90-98, 2003.
- [13] 권대현, 임준홍, “인터넷 트래픽 모니터링을 통한 네트워크 관리 시스템 모델링과 시뮬레이션 연구,” KACC, 1999.
- [14] 심현승, 허경무, 김장기 “인터넷을 통한 원격제어기의 임의 시간지연의 예측가능성에 대한 연구,” 제어·자동화·시스템공학 논문지, 2001
- [15] 홍성수, “분산 실시간 제어 시스템 개발,” 제어·자동화·시스템공학

논문지, pp 33-38, 1998.

- [16] 권옥현, 김영신, “분산 실시간 시스템에서의 네트워크 프로토콜,” 제어 자동화 · 시스템공학 논문지, pp 27-34, 1998.
- [17] 홍승호, “대역폭 할당 기법에 의한 필드버스 네트워크의 트래픽 관리 및 제어,” 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, pp. 77-88. 1997.
- [18] G. Kaplan, “Ethernet’s winning ways,” *IEEE Spectrum*, Vol. 38, No.1, pp. 113-115, 2001.
- [19] J. H. Park and Y. C. Yoon, “An extended TCP/IP protocol for real-time local area network,” *Control Engineering Practice*, Vol. 6, pp. 111-118, 1998.
- [20] A. Ray, “Networking for computer-intergrated manufacturing,” *IEEE Network*, Vol. 2. No. 3, pp. 40-47, 1988.
- [21] 최명수, “PLC를 위한 PROFIBUS-DP 구현에 관한 연구,” 제어 · 자동화 · 시스템공학회지, pp.51-62, 1996.
- [22] <http://www.kasas.or.kr/new/fieldbus/combasic.htm>
- [23] Gary R. Wright and W. Richard Stevens, “TCP/IP Illustrante,” Volum 2, Addison Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1996.
- [24] Requirements for Internet Host-Communication Layers, RFC 1122, 1989.
- [25] http://my.dreamwiz.com/drshin/rs232_Tech01.htm
- [26] 김주한, 김동준, 김갑일, 김대원 김홍석, 이호길, “로봇 데이터가 필드버스의 효율에 미치는 영향에 관한 연구,” KACC, 1996.
- [27] 김기암, 홍승호, 김지용, 고성준, “생산자동화 시스템에서 필드버스 네

트위크 구축 기술 연구,” KACC, 1996.

- [28] 박홍성, 정명순, 김봉선, “웹 기반 실시간 모니터링 시스템의 구조,” 제어·자동화·시스템공학 논문지, pp. 632-639, 2001.
- [29] 심현승, 허경무, 김장기, “인터넷을 통한 원격제어기의 임의 시간지연의 예측가능성에 관한 연구,” 제어·자동화·시스템공학 논문지, pp. 849-858. 2001.
- [30] 김영신, 권옥현, “자동화 시스템 구축을 위한 산업용 통신망 설계 기법,” KACC, pp. 93-96, 1997.
- [31] 이 한, “유압실린더 스트로크 센싱을 위한 전용센서 개발에 관한 연구,” 한국해양대학교 제어계측공학과 석사 논문, 2000.
- [32] 김종화, 류길수, “굴삭기 전용 위치검출 센서의 개발에 관한 연구,” 한국해양대부설 산업기술연구소 논문집, 제10집, pp. 61-76, 1992.

감사의 글

먼저 살아계신 하나님께 감사드립니다.

본 논문이 완성되기까지 부족함이 많은 제자를 위해 헌신적인 지도와 격려로 학문의 길을 이끌어 주신 김종화 지도교수님께 진심으로 존경과 감사를 드립니다. 바쁘신 중에도 자상한 관심과 열의로 지도와 조언을 해주신 조석제 교수님, 하운수 교수님께 깊은 감사를 드리며, 학부 과정에서 석사과정까지 많은 가르침을 주신 진강규 교수님, 유영호 교수님, 황승욱 교수님, 그리고 학부의 모든 교수님들께 머리 숙여 감사 드립니다.

많은 도움을 주신 김인환 교수님과 연구실에서 함께 생활하며 많은 것을 일깨워 주신 병걸이형, 대영이형, 진규형, 장호형, 효식이형, 기석이형에게 감사의 뜻을 전하며, 옆에서 많은 도움을 준 저의 동기 종욱이게도 감사의 뜻을 전합니다. 그리고 연구실에서 함께 공부하는 명택이, 수경이, 희진이, 정화에게도 감사의 뜻을 전합니다. 조교로서 많은 도움을 준 군호형과 경언이 누나에게도 감사하다는 말 전하고 싶습니다. 친구 영주, 인철이, 성은이에게 고마움을 느끼고 먼저 졸업한 제어계측공학과 95학번 동기들에게도 감사의 뜻을 전합니다. 그리고 어려울 때 항상 옆에서 힘이 되어준 명호, 봉재, 일식이에게 고맙다는 말을 전하고 싶습니다.

마지막으로 든든한 후원자이자 언제나 사랑과 헌신으로 이끌어 주신 아버지, 어머니, 형, 형수, 대선이에게 진심으로 감사 드리며 이 작은 글을 바칩니다.