

유압실린더 스트로크 검출을 위한 전용센서 개발에 관한 연구

이 한* · 서승원* · 김대영* · 김종화**

A Study on the Development of Exclusive Sensor for Sensing the Hydraulic Cylinder Stroke

Lee Han · Sue Seung-Won · Kim Dae-Young · Kim Jonghwa

〈 목 차 〉

I. 서 론	IV. 실험 및 결과
II. 원격검출의 메카니즘	V. 결 론
III. 제작된 Prototye의 Coniguration	※ 참고문헌

Abstract

It is necessary to detect the piston rod stroke of a hydraulic cylinder for the purpose of comprising accurate control systems in hydraulic system.

This paper suggests a method not only to directly detect the piston rod stroke but to overcome environmental constraints such as excessive vibrations, shocks and high temperature difference. And it also presents the effectiveness of the suggested method through experiments using a prototype stroke sensing system developed by the authors.

Keyword

piston rod stroke, hydraulic cylinder, accurate control, direct detection, prototype

* 한국해양대학교 대학원 제어계측공학과

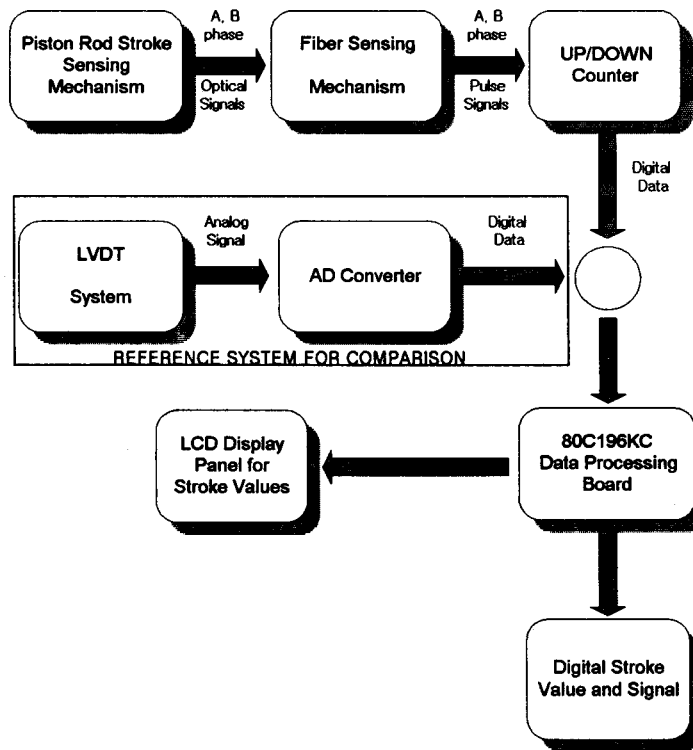
** 한국해양대학교 자동차·정보공학부 부교수

I. 서론

중장비나 유압프레스, 간척지 수문 등에 액추에이터로 사용되는 유압실린더의 스트로크를 검출함으로써 정밀제어를 위한 페루프 제어시스템을 구성할 수 있다. 그러나 사용환경이 충격이나 진동, 고온 또는 저온등 가혹한 경우 기존의 마그네틱 센서나 LVDT등을 사용하기 위해서는 충격진동완화 housing, 보호 housing등 부수적인 설비를 필요로 하고 이로 인하여 사용상의 많은 제약은 물론 가격을 현저히 상승시키는 요인이 되어 왔다. 따라서 유압실린더의 스트로크를 직접 측정하면서 사용환경을 극복할 수 있는 센싱메카니즘과 방법이 절실히 요구되고 있다.

본 연구에서 유압실린더 스트로크의 원격 검출방법을 도입하여 직접 스트로크를 검출하면서도 가혹한 사용환경과 작업환경을 극복할 수 있는 강인한 메카니즘을 연구하고, prototype을 개발한 후 실험을 수행함으로써 직접적인 원격검출의 가능성을 확인하였다.

II. 원격검출의 메카니즘



<그림1> 스트로크 원격검출을 위하여 제작된 prototype의 구성도

본 연구에서 제안하는 피스톤 로드 스트로크의 원격검출방법은 발/수광 센서와 광파이버를 이용한 방법이다.

빛을 이용한 원격검출방법은 스트로크를 직접 검출하면서도 사용환경과 작업환경엔 강인한 방법이라 할 수 있다. 그 이유는 광파이버헤드부만이 유압실린더에 장착되어 스트로크를 검출하고 발/수광 센서와 데이터처리를 위한 관련회로들은 충격이나 진동이 심한 실린더에 장착되지 않고 원하는 위치에 장착할 수 있기 때문이다.

<그림1>은 본 연구에서 실험용으로 제작된 원격검출을 위한 스트로크센싱 메카니즘을 나타낸 것이다.

비교대상으로서 기존의 센서인 LVDT를 사용하여 제안한 센싱 메카니즘의 신뢰성을 검증하였다.

1. 피스톤로드 센싱 메카니즘

빛에 의한 스트로크 검출을 위하여 필요한 피스톤로드의 스케일처리와 광파이버헤드 취부를 수신 광의 위상차가 90°가 나게 설계하고 피스톤로드로부터 반사되어 돌아오는 광을 광파이버를 통해 전송하여 센싱하는 원격센싱 메카니즘을 제안하였다.

1) 피스톤로드의 스케일 처리방법

피스톤에 스케일을 만들기 위해 일차적으로 로드표면에 일정한 간격으로 홈을 판 후 로드 전체에 세라믹으로 코팅, 세라믹 위에 다시 크롬을 도금시키고 세라믹이 보이도록 버핑을 함으로써 은백색의 크롬과 흑색의 세라믹이 일정한 간격의 스케일을 형성해 주도록 처리한다.

〈그림2〉는 스케일 생성 과정을 보여주고 있다.

2) 광센서 및 광파이버의 구성 및 선정

가. 광센서

광의 감쇠를 줄이기 위하여 파장이 긴 적외선 발광다이오드와 적외선 수광센서를 사용하였고, 이 적외선 발광다이오드에서 나온 광이 스케일 처리된 피스톤 로드 스케일에 반사되어 적외선 수광센서에 의해 감지된다.

나. 광파이버

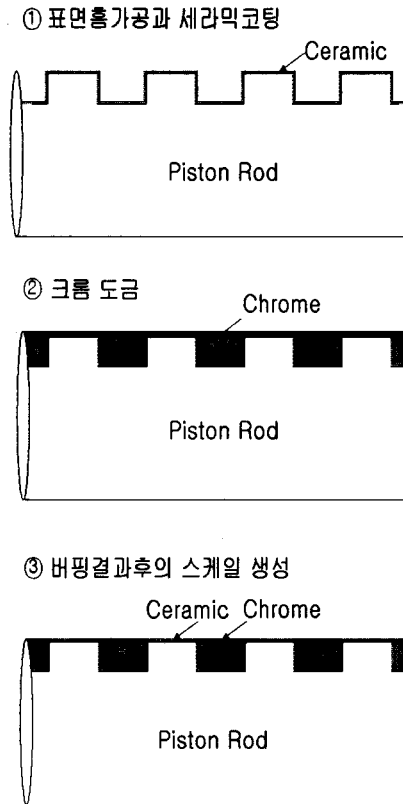
광파이버직경은 피스톤로드 스케일이 1mm 간격으로 스케일 되어 있어 스케일보다 작은 0.5mm인 반사형 광파이버를 사용하였다.

다. 앰프

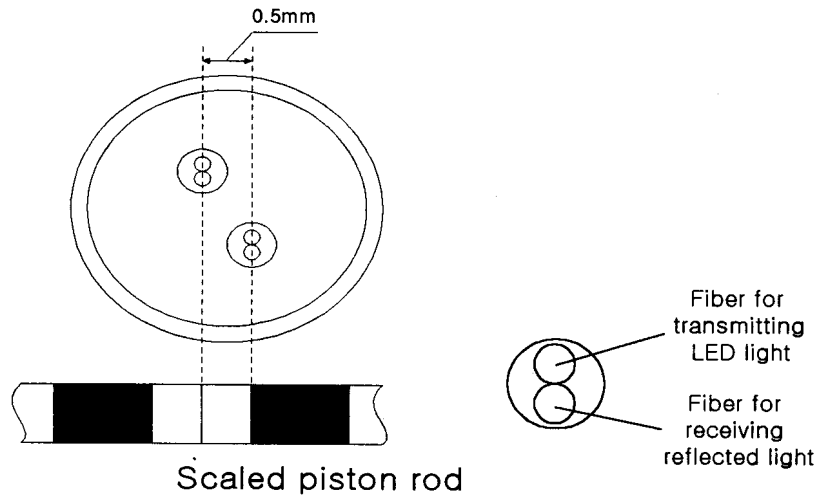
앰프는 광신호를 전압으로 변환 및 증폭하여 구형파의 펄스신호로 변환해 주는 광파이버 전용 앰프를 사용하였다.

3) 광파이버헤드의 취부방법

스케일 처리된 피스톤 로드를 광으로 카운팅하기 위해 두 쌍의 광파이버에서 들어오는 구형파의 위상차가 90°가 되어야 Up/Down 카운팅을 수행할 수 있다. 〈그림3〉은 구형파의 위상차가 90°가 되도록 광파이버를 위치시킨 메카니즘이다.



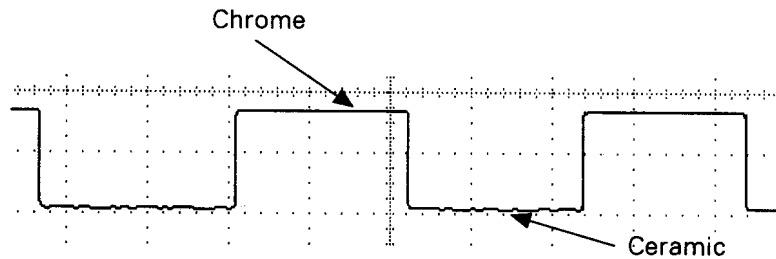
〈그림2〉 피스톤로드 스케일 처리과정



〈그림3〉 광파이버헤드 취부방법

2. 원격검출 가능성 실험결과

크롬의 출력과 세라믹의 출력을 비교하면 〈그림4〉와 같은 출력값을 얻을 수 있다.



〈그림4〉 크롬과 세라믹 스케일에 대한 광파이버증폭기의 출력비교

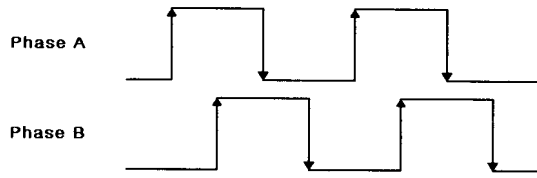
위의 〈그림4〉에서 알 수 있듯이 빛의 반사량이 많은 크롬과 상대적으로 반사량이 적은 세라믹의 출력이 구형파의 형태로 나오는 것을 알 수 있다. 이로써 피스톤 로드 스케일을 카운팅 할 수 있는 가능성을 확인하였다.

3. Up/Down 카운터

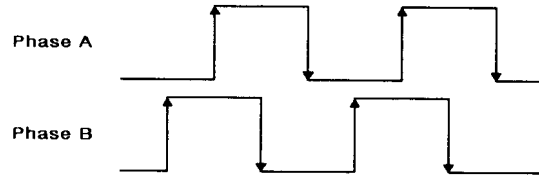
1) A상, B상 펄스신호의 생성

가. 스트로크 증가 방향

아래의 〈그림5〉와 같이 A상의 구형파가 먼저 들어 올 때 스트로크의 증가를 나타내고, 카운터를 증가시킨다.



〈그림5〉 스트로크 증가방향의 A,B상 모양



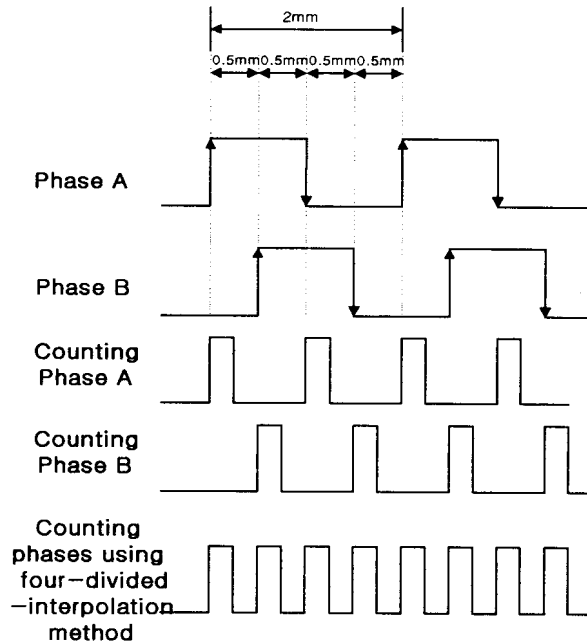
〈그림6〉 스트로크 감소방향의 A,B상 모양

나. 스트로크 감소 방향

〈그림6〉과 같이 B상의 구형파가 먼저 들어 올 때 스트로크의 감소를 나타내고, 카운터를 감소시킨다.

2) 4분할 내삽에 의한 Up/Down 카운터

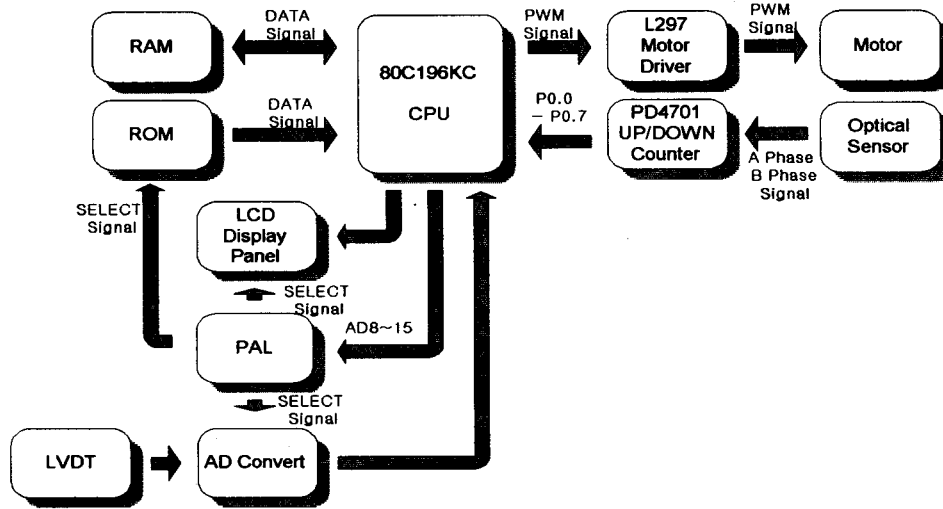
〈그림7〉은 크롬과 세라믹의 출력 구형파를 상승에지와 하강에지에서 각각 카운팅을 하므로써 한 주기 동안 총 4번의 카운팅을 수행, 스트로크 센싱 정밀도를 0.5mm까지 수행할 수 있도록 하는 4분할 내삽방법을 설명하는 그림이다.



〈그림7〉 4분할 내삽법에 의한 스케일 카운팅

4. 80C196KC 중심의 데이터 프로세싱

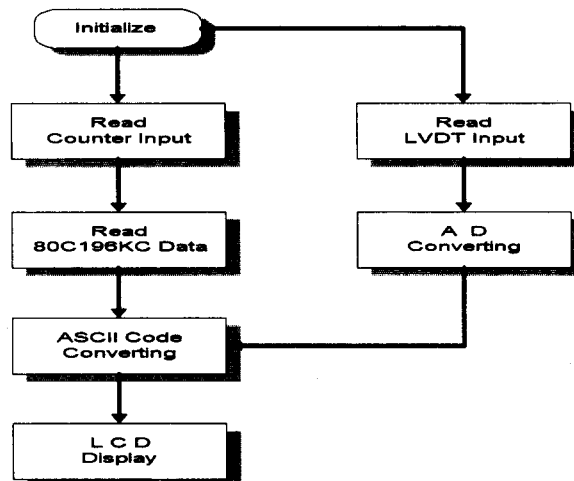
1) 80C196KC를 이용한 스트로크센싱 신호의 처리



〈그림8〉 80C196KC 중심의 데이터프로세싱 기능선도

〈그림8〉은 80C196KC 중심의 데이터 처리보드에 대한 구성을 보여주는 것이다. 카운터신호와 LVDT신호를 받아 처리하여 LCD에 디스플레이 해 주는 역할을 한다. 또한 스트로크 양방향 검출 반복실험을 위하여 모터 구동회로가 장착되어 있다.

〈그림9〉는 데이터처리를 위한 실행순서도를 나타낸 그림이다.



〈그림9〉 데이터처리를 위한 소프트웨어 실행순서도

2) 스트로크의 비교기준을 위한 LVDT

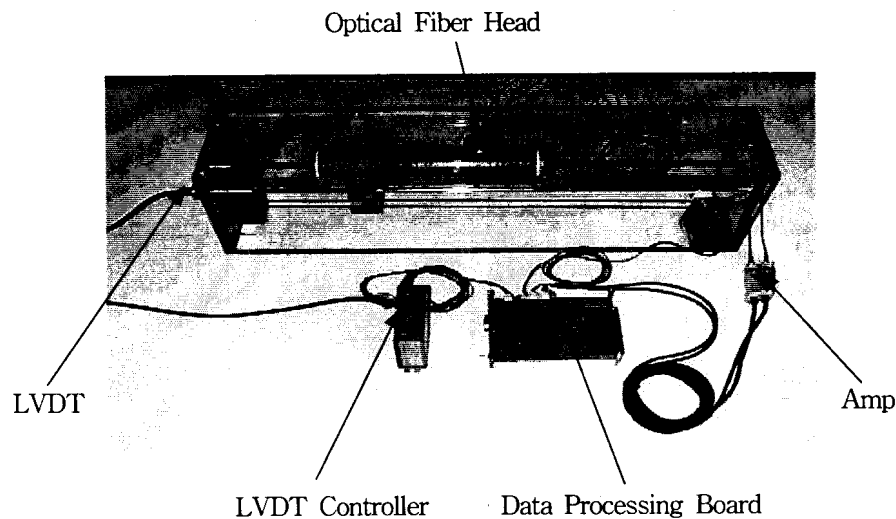
검출스트로크 절대기준으로 SANTEST(일) LVDT GYMTC-11-A-600-24S-D를 사용하였다.
그 사양 다음과 같다.

- 비 선 형 성 : 0.05% 이하
- 분 해 능 : 0.01% 이하
- 히스테리시스 : 0.01% 이하
- 샘플주파수 : 1kHz standard
- 출력신호전압 : 0-10V or 10-0V
- 출력신호전류 : 4-20mA or 20-4mA
- 공 급 전 압 : +15V ±5%
- 동 작 온 도 : Probe -5°C ~ +60°C / Controller 0°C ~ +60°C
- Vibration : 6G
- Shock : 20G

Ⅲ. 제작된 Prototype의 Configuration

1. 전체 Configuration

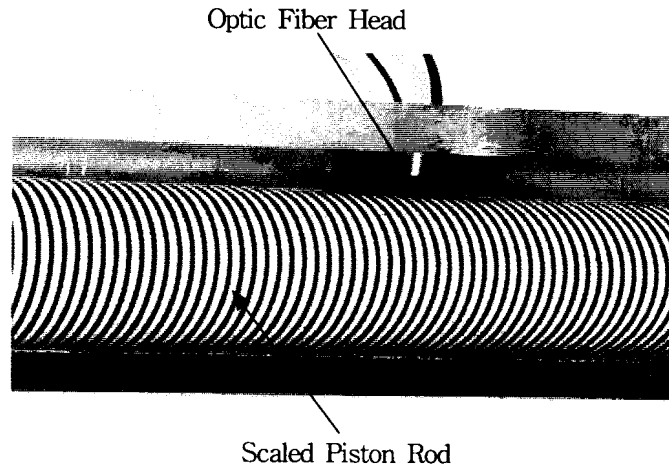
〈그림10〉은 제작된 Prototype의 전체 구성을 보여주고 있다.



〈그림10〉 스트로크 원격검출을 위하여 제작된 Prototype

2. 광파이버헤드 취부부분

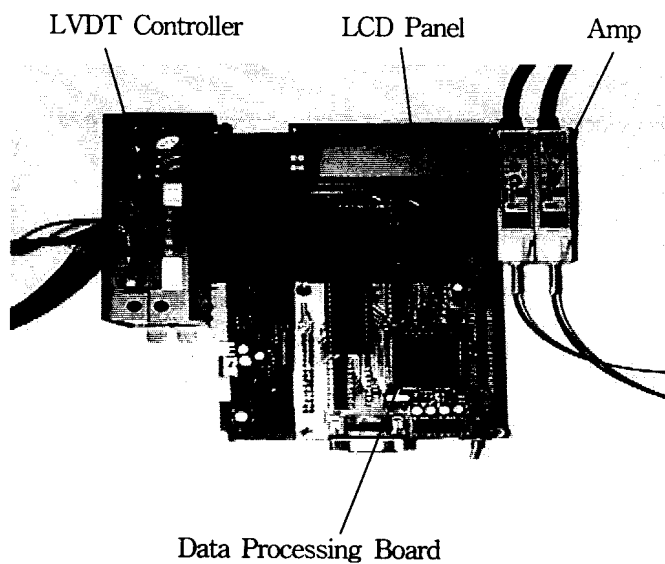
〈그림11〉은 피스톤로드 스케일을 1mm간격으로 제작한 것과, 광파이버헤드 부분을 위상차가 90°가 되도록 설계한 것이다.



〈그림11〉 피스톤로드스케일상의 광파이버헤드의 취부

3. 데이터 처리보드

〈그림12〉는 80C196KC의 데이터 처리보드와 광파이버앰프, LVDT 컨트롤러를 보여 주는 것이다.



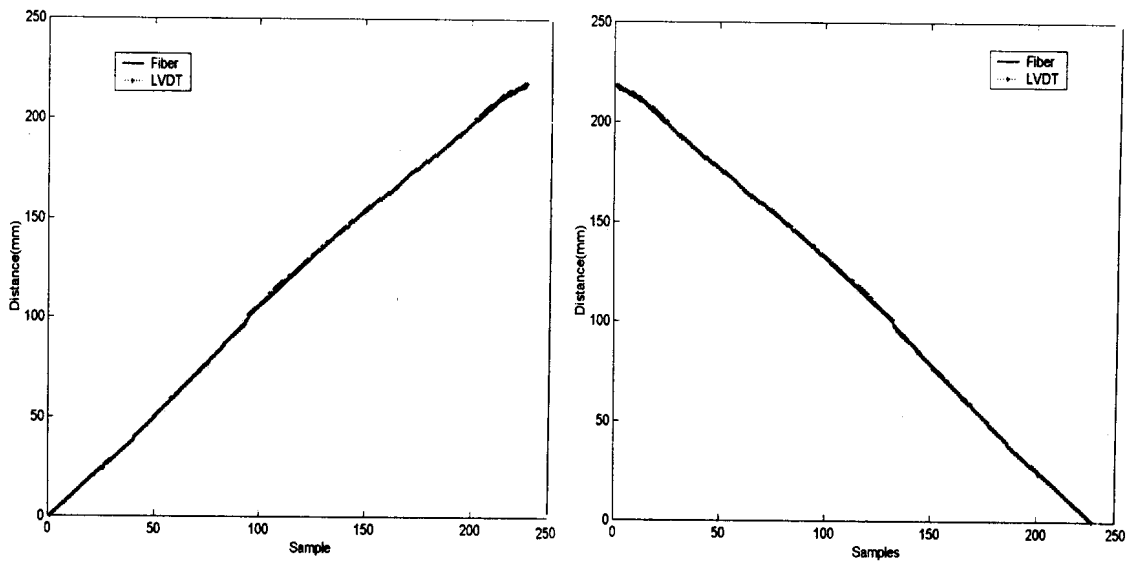
〈그림12〉 제작된 80C196KC 중심의 데이터처리보드와 주변장치

IV. 실험 및 결과

1. 원격검출에 의한 스트로크 센싱메카니즘의 정확도 검토

다음 <그림13>은 본 연구에서 제안한 방법의 유효성과 정확성을 입증하기 위하여 원격검출 스트로크센서의 출력과 비교기준으로 채용한 LVDT 출력을 비교한 그림이다.

<그림13>에서 알 수 있듯이 매 샘플링 때마다 두 출력이 잘 일치함을 볼 수 있다.



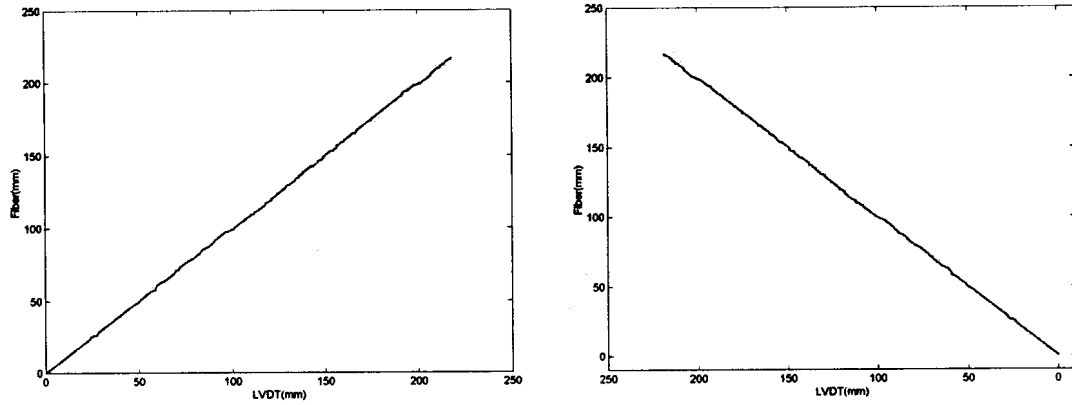
(a) 스트로크 증가시

(b) 스트로크 감소시

<그림13> 스트로크센서와 LVDT 출력의 비교

2. 원격검출 스트로크센서의 선형성 검토

<그림14>는 센서에 있어 중요한 선형성을 입증하기 위해 스트로크 센서의 출력과 LVDT 출력의 함수 관계를 나타낸 것이다. 일부 구간에서 미세한 비선형성을 보이는 것은 LVDT의 아날로그신호를 AD컨버팅 과정에서의 절삭오차에 의한 것으로서 LVDT 신호처리오차에 의한 것이다. 그러므로 본 연구에서 제안한 스트로크센서의 선형성은 매우 양호한 것으로 판단된다.



(a) 스트로크 증가시

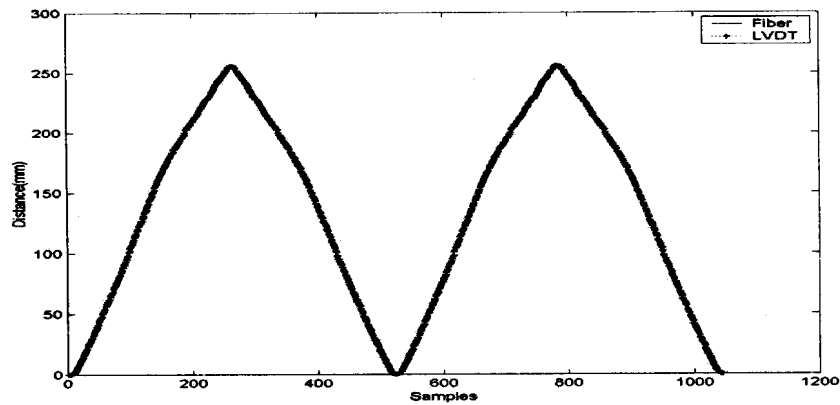
(b) 스트로크 감소시

〈그림14〉 선형성 검토를 위한 스트로크센서와 LVDT의 함수관계

3. 양방향 반복성 검출실험

기존 센서의 단점은 펄스의 오검출로 인한 오차라고 할 수 있다.

〈그림15〉는 양방향 반복적인 작동후의 스트로크센서의 정확도를 분석하기 위하여 피스톤로드를 수없이 왕복운동시킨 후 측정된 데이터를 토대로 스트로크센서와 LVDT의 출력의 일부분을 비교한 것이다. 〈그림15〉에서 알 수 있듯이 두 출력이 잘 일치함을 볼 수 있으므로 본 연구에서 제안하는 스트로크 센싱메카니즘의 반복재현성이 매우 우수함을 알 수 있다.



〈그림15〉 양방향 반복 정확도 검토

V. 결 론

본 연구에서 광센서, 광파이버, 전용 프로세서를 이용한 유압실린더 전용의 스트로크센싱 메카니즘의 Prototype을 구성함으로써 스트로크의 원격검출 가능성을 확인하였다.

이는 스케일 검출수단이 광이므로 기존 센서가 피스톤로드의 상대속도에 의한 검출지연으로 생기는 오차의 누적을 배제시킬 수 있으며 또한 중장비등 진동/충격이 과도하거나 온도변화가 심한 열악한 작업환경에서도 진동/충격에 영향을 전혀 받지 않는 광파이버 헤드만을 검출부위에 설치함으로써 안정적이고 강인한 스트로크의 센싱이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 실제 유압실린더에 개발한 메카니즘을 적용하지 못해 진동 및 충격이 인가된 경우의 실험을 하지 못하였다.

앞으로의 연구에서는 실제 유압실린더에 개발한 스트로크 센서를 장착하여 진동/충격에 대한 실험을 수행함으로써 이 센서의 유용성을 검증하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. S. Y. Yang, M. C. Lee, M. H. Lee, "Measuring System for Development of Stroke-Sensing Cylinder for Automatic Excavator," IEEE Trans on Industrial Electronics, vol. 45, no. 3, pp. 379-384, June 1998.
2. S. Y. Yang, M. C. Lee, M. H. Lee, and S. Arimoto, "Development of digital stroke sensing cylinder and its performance evaluation," Robotica, vol. 14, pt. 6, pp. 687-694, 1996.
3. M. C. Lee, M. H. Lee, Y. J. Choi, S. Y. Yang and K. S. Yoon, "On Development of Stroke Sensing Cylinder for Automatic Excavator" Proc. of the IEEE ISIE '95, vol. 1 of 2, pp. 363-368, 1995.
4. 김진근, 박민규, 이민철, "절대위치 검출형 유압 실린더 개발 및 성능평가," '98한국정밀공학회지, pp. 329-333, 1998
5. 尾關方隆 外 著, 全在昇 譯, 센서 인터페이싱 no. 3 메카트로닉스 센서活用篇 PART-II, 機電 研究社, pp. 16-21, 1989.
6. 梅地 正 外 著, 全在昇 譯, 센서 인터페이싱 no. 4 光센서 徹底活用篇, 機電研究社, pp.30-36, 1989.
7. 차영배 著, MICRO CONTROLLER 80196, 다다미디어, 1997.
8. 박선호 著, FA 센서 응용백과 2, 永進出版社, PP.36-53, 1995.

