

부경대학교 공압제어 연구실의 연구 및 교육 내용 소개

장 지 성
J. S. Jang

1. 서 언

부산시 남구에 위치한 부경대학교는 1996년에 부산수산대학교와 부산공업대학교의 통합에 의하여 탄생되었고, 2006년 현재 전임교수 560여명의 지도하에 15000여명의 학부생과 2400여명의 대학원생이 재학 중이다. 부경대학교에 소속된 2개의 캠퍼스는 승용차로 10분 정도의 시간에 이동할 수 있고, 구부산공업대학이 위치했던 용당캠퍼스에 공과대학이, 구부산수산대학이 위치했던 대연캠퍼스에 수산과학대학, 환경해양대학 등 나머지 대학이 배치되어 있다.

본 연구실이 소속되어있는 공과대학 기계공학부 기계시스템공학전공은 1968년에 설립되었고, 2006년 현재 교수 10명과 학부생 200여명, 대학원생 20여명, 조교 2명으로 구성되어 있다.

본 연구실은 공기압 구동장치를 이용한 기계장치의 제어, 공기압 작동기기의 개발, 공기압 구동장치의 효율개선, 압축성 유체의 유량계측등을 목적으로 저자가 본교에 부임한 1999년에 설립되었고, 2006년 현재, 박사과정 1명, 석사과정 1명의 대학원생과 연구보조를 위한 학부생 3명으로 구성되어 있다.

2. 연구 및 교육 시설

본 연구실의 주요 연구/교육 시설로는 압축기, 각종 공기압 밸브, 액추에이터, 배관류, 핏팅류, 공기압 실린더 위치 동기 제어 장치, 공기압 실린더 구동 6자유도 시뮬레이터, 인공근육을 이용한 가진장치, 등온용기를 이용한 유량계측장치, 각종 공기압 실린더 위치제어장치 등이 있다.

연락 책임자 : 교수 장지성
소 속: 부경대학교 공과대학 기계공학부
주 소: 608-739 부산시 남구 용당동 산100
전 화 : 051-620-1583
E-mail : jangjs@pknu.ac.kr
Homepage : http://web.pknu.ac.kr/~jsjang

3. 교 육

저자가 담당하고 있는 유공압 분야의 교과목으로는 유공압시스템설계 팀프로젝트, 유체제어시스템, 유공압공학특론이 개설되어 있다

상기 교과목 중 유공압시스템설계와 팀프로젝트는 학부과정에 개설되어 있는 교과목으로서 유공압관련 이론강의와 실습 및 공기압 구동장치 설계를 주요 내용으로 강의를 진행하고 있고, 유체제어시스템, 유공압공학특론은 대학원과정에 개설되어 있는 교과목으로 유공압시스템 및 공기압 구동장치 제어기 설계를 중심으로 강의를 진행하고 있다.

4. 연 구

4.1 연구의 개요

본 연구실에서는 초창기에는 공기압 실린더의 위치제어를 중심으로 연구를 진행하였고, 다음으로는 공압인공근육 구동장치의 제어, 공기압 밸브 개발 등을 완료한 후, 현재는 공기압 장치의 누설유량계측, 신뢰성 분석, 6자유도 시뮬레이터 개발, 공기압 구동장치 효율 분석 및 향상 기법 등의 연구를 진행하고 있다. 현재까지의 연구내용을 간략하게 정리하면 표 1과 같다.

표 1 부경대학교 공압제어 연구실 연구동향

구분	세부내용	연구기간
위치제어	공기압실린더 위치제어	1999~2002
	공기압실린더 위치동기제어	2002~2003
	공압인공근육 위치제어	2003~2005
	6자유도 시뮬레이터 개발	2004~
힘제어	공기압실린더 힘과 위치 동시제어	2001~2003
밸브 개발	선박엔진 시동용 공기압 밸브 개발	2000~2002
	가스차단밸브 개발	2004~2005
누설유량계측	공기압실린더 누설유량 계측	2005~

표 1 부경대학교 공압제어 연구실 연구동향(계속)

구분	세부내용	연구기간
신뢰성 분석	공기압 부품의 가속수명 기법 연구	2005~
효율분석	공기압 실린더 구동장치의 에너지 전달 효율 평가	2005~
모델링	관로를 포함한 압력제어계 모델링	2002~2003
	관로를 포함한 위치제어계 모델링	2004~

4.2 주요 연구 과제 소개

(1) 공기압 실린더 구동 장치의 위치동기제어

(가) 연구목적

본 연구에서는 2축으로 구성된 공기압 실린더 구동장치의 비선형 특성을 동적인 요소와 정적인 요소로 분리하여 각각의 비선형 특성을 보상하기 위한 제어기를 설계한 후, 각 실린더간의 동기 오차를 억제하기 위한 제어기를 추가함으로써 위치 동기오차를 억제할 수 있는 제어기를 설계하였다.

(나) 연구방법

상기한 비선형 특성 중에서 동적인 요소는 고유진동수를 변화시키는 피스톤의 위치와 실린더 실 내부 압력의 변화, 제어 밸브의 압력·유량 특성을 변화시키는 실린더 실 내부 압력 변화로 생각할 수 있고, 피스톤의 위치와 실린더 실 내부 압력이 변화하여도 제어계의 폐루프 전달함수를 일정하게 유지하기 위하여 비선형 보상기를 이용하였다. 제어 밸브의 제어 입력·유량 특성의 변화와 마찰력에 기인하는 정적인 비선형 요소는 외란 보상기를 이용하여 억제하였다. 실험장치의 사진을 그림 1에 나타낸다.

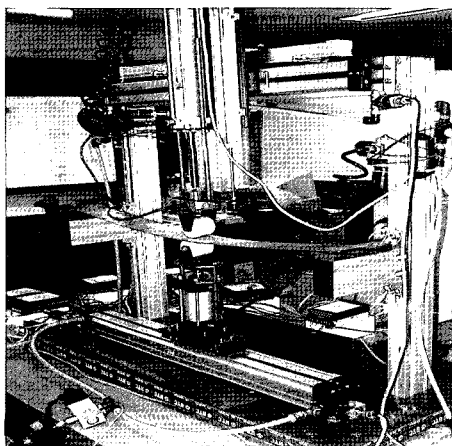
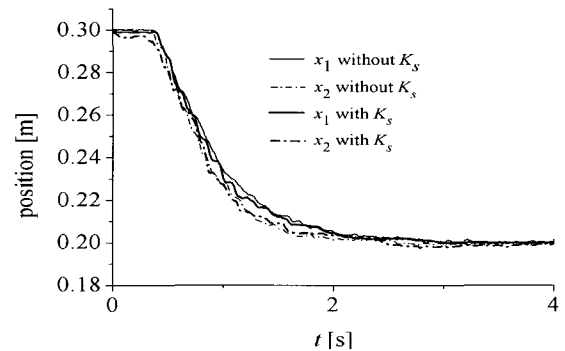


그림 1 위치동기제어 실험 장치

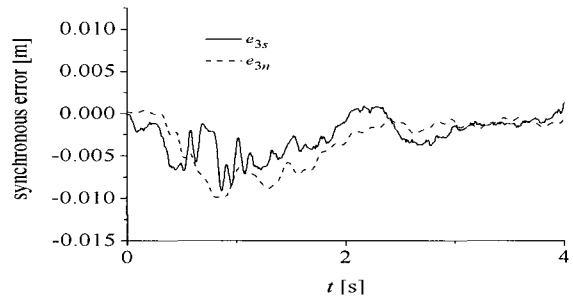
구동 장치는 상·하에 설치되어 있는 2개의 로드리스 실린더로 구성되어 있고 각각의 로드리스 실린더에는 롤러를 장착한 편로드 실린더가 설치되어 있다.

(다) 연구결과

그림 2와 3은 초기 위치를 0.3[m]로 설정하고, 최종 위치가 각각 0.2[m], 0.1[m]인 목표 궤적을 추종하도록 위치 제어를 수행한 결과이다. 이 결과로부터 제한한 제어기를 사용하면 과도 상태에서의 동기 오차가 감소하여 목표 위치에 더욱 빨리 수렴하고, 정상 상태에서의 동기 오차가 거의 0으로 수렴함을 알 수 있다. 또한, 비선형 보상기의 작용에 의하여 피스톤의 목표 위치를 변경하여도 피스톤의 동특성이 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다.

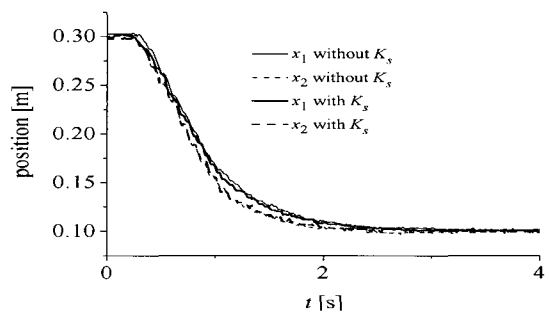


(a) 스텝 응답

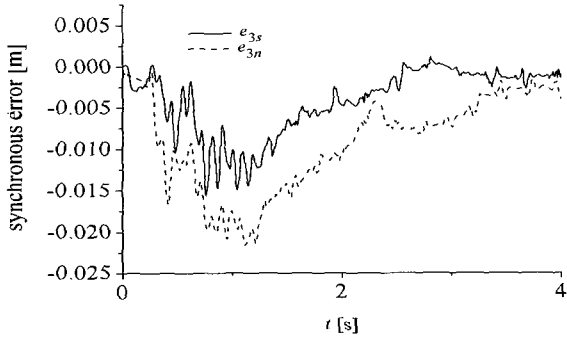


(b) 동기 오차

그림 2 동기제어결과
(초기위치 : 0.3[m], 목표위치 : 0.2[m])



(a) 스텝 응답



b) 동기 오차

그림 3 동기제어결과

(초기위치 : 0.3[m], 목표위치 : 0.1[m])

(2) 공압 인공근육 위치제어

(가) 연구목적

본 연구에서는 공압 인공근육 구동 장치의 선형화 모델을 기반으로 인공근육의 위치, 이동 속도, 가속도를 이용한 피드백 제어기와 피드백 제어기를 포함한 제어계를 공칭 모델로 이용하는 외란보상기로 구성되는 제어기를 설계하였다.

본 연구에서 설계한 제어기는 인공근육 구동 장치의 선형화 모델을 기반으로 설계하였으므로 기존의 제어 기법과 비교하여 용이하게 설계할 수 있고, 또한 제어기의 구조가 간단하므로 비교적 간단한 연산에 의하여 제어 입력을 얻을 수 있는 특징이 있다.

(나) 연구방법

그림 4는 실험장치의 사진을 나타낸다. 수직 방향으로 설치된 공압 인공근육 액추에이터(Festo Co., MAS-20-N-200-AA-MCHK)는 내경 및 자유 길이가 각각 20[mm], 200 [mm]이고, 인공근육의 위치는 인공 근육 측면에 위치센서(GEFRAN Co., LT M300S)를 연결하여 검출하였다.

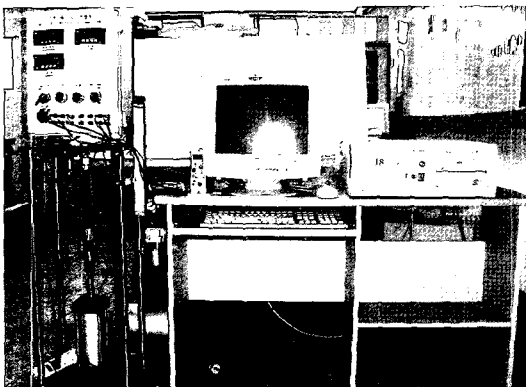


그림 4 공압 인공근육 위치제어 실험 장치

각 센서에서 검출된 신호는 A/D변환기(Adventech Co., PCL-818L)를 이용하여 PC로 입력하였다. 제어 밸브(FESTO Co., MPYE-5-1/8- HF010B)로는 최대 유효단면적이 9.3 [mm²]인 5포트형 유량 비례 제어 밸브를 이용하였고 제어 밸브로의 입력 신호는 D/A 변환기(Adventech Co., PCL-818L)를 이용하여 PC로부터 출력하였다. 인공 근육의 하부에는 부하 발생용 실린더(ISTC Co, ISM B80-S150)를 설치하였다.

(다) 연구결과

그림 5는 초기 위치를 0.03 [m]로 설정하고 목표 스텝의 크기를 0.01[m]에서 -0.02[m]로 연속적으로 변화시킨 경우이고 목표 스텝의 방향 및 크기가 변화하여도 인공근육의 위치가 목표 위치에 잘 수렴함을 알 수 있다.

그림 6은 초기 위치를 0.03 [m], 목표 진폭의 크기를 0.005[m]로 설정한 후, 진동 주기를 0.25[Hz]로 설정한 정현파 목표 궤적을 추종제어 결과를 나타낸다. 실험 결과로부터 인공근육이 목표 궤적을 잘 추종하고 있음을 알 수 있다.

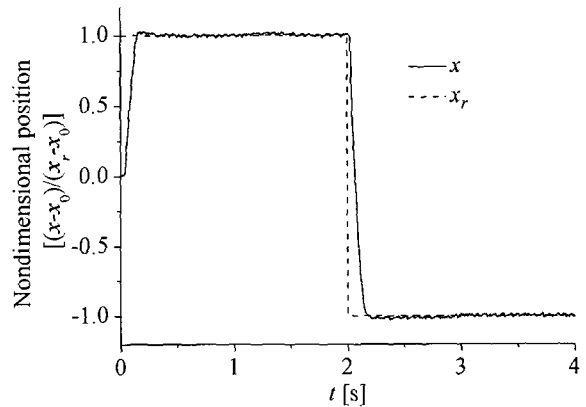


그림 5 인공근육의 위치제어 결과

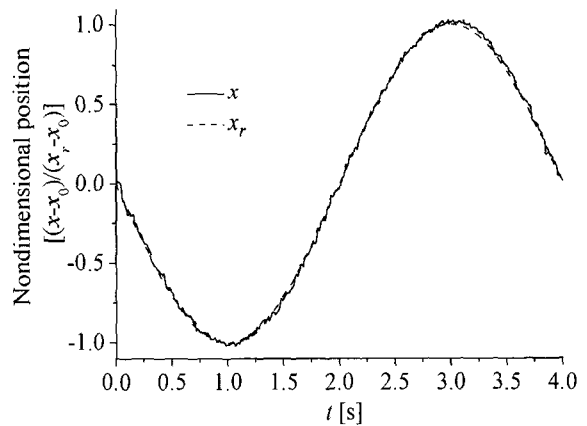


그림 6 정현파 목표 궤적 추종제어 결과

(3) 6자유도 시뮬레이터 개발

(가) 연구목적

지금까지 제작된 대부분의 스튜어트 플랫폼은 전기모터나 유압 액추에이터로 구동했지만 스튜어트 플랫폼의 자세제어 성능이 높은 정밀도를 요구하지 않으므로 공기압 액추에이터를 적용할 수 있을 것으로 판단되고, 공기압 액추에이터를 이용한 6자유도 시뮬레이터가 개발되면 저렴한 가격으로 제작할 수 있다.

(나) 연구방법

본 연구에서 제작한 시뮬레이터의 사진을 그림 7에 나타낸다. 알루미늄재질로 제작한 상판은 6개의 공기압실린더로 지지되고, 각 실린더의 양 끝단은 구면조인트가 설치된 상판과 하판 사이에 연결되어있다.

(다) 연구결과

시뮬레이터 상판의 자세제어 결과를 그림 8에 나타낸다. 아직까지 제어가 완성되지 못하여 다소 불만족스러운 결과를 나타내고 있지만, 제어가 완성되면 자세제어 성능이 향상될 것으로 기대된다.

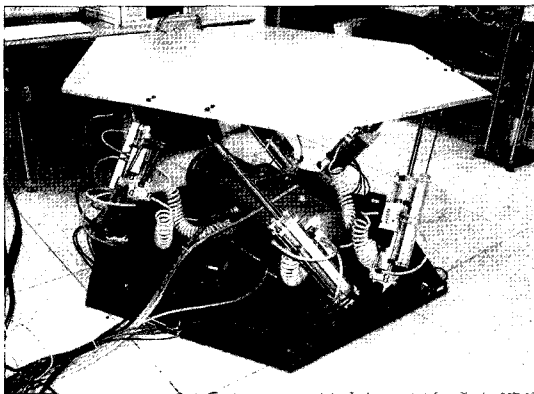


그림 7 공압 실린더를 이용한 6자유도 시뮬레이터

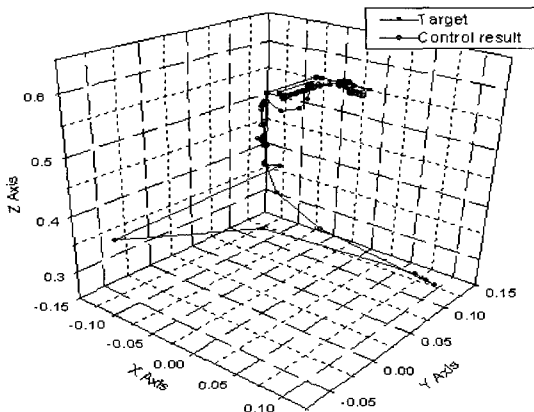


그림 8 6자유도 시뮬레이터 자세제어 결과

(4) 공기압실린더 누설유량 계측

(가) 연구 목적

공기압 실린더는 피스톤과 로드에서 장착된 씰의 마모가 진행되어 누설이 발생하고, 누설이 일정치 이상이 되면 고장으로 판단하게 된다. 그러나, 압축성 유체의 특성상 유량을 직접적으로 정확히 계측하기는 어려우며 특히 누설유량과 같이 극히 미소한 유량은 JIS표준 계측방법과 ISO 표준 계측방법 등으로는 측정하기가 불가능하다.

(나) 연구방법

본 연구에서는 용기내부의 압력변화를 유량으로 환산하는 방법을 이용하여 공기압실린더의 누설유량을 계측할 수 있는 방법을 연구하였다. 그림 9는 누설유량 계측용 실험장치의 사진을 나타낸다.

(다) 연구결과

그림 10은 누설유량 계측결과를 나타낸다. JIS에서는 본 실험에서 사용한 직경 50[mm]인 편로드 왕복동 실린더의 내부 누설을 0.012[l/min], 외부누설을 0.008[l/min]까지 허용하고 있고, ISO에서는 내부, 외부 누설을 구분하지 않고 실린더의 총 누설 유량을 0.02[l/min]까지 허용하고 있으므로 본 실험에 사용된 실린더는 JIS 및 ISO의 누설 허용치를 모두 초과하고 있음을 알 수 있다.

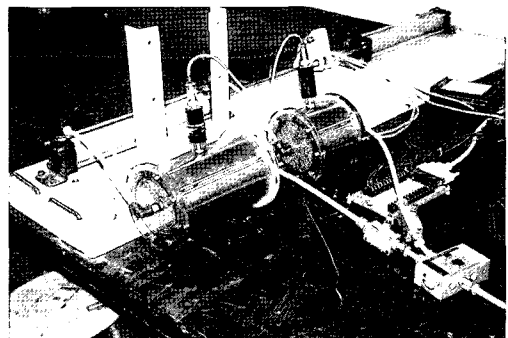


그림 9 공기압실린더 누설유량 계측장치

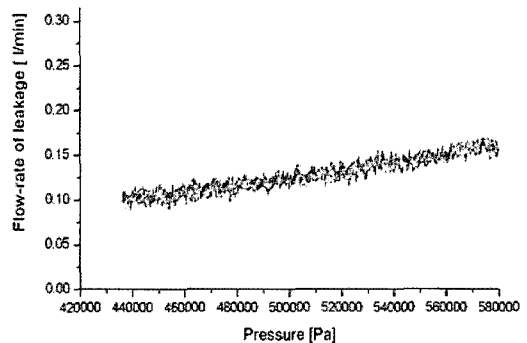


그림 10 누설유량 계측결과