

군산대학교 기계공학부 자동제어연구실의 연구 및 교육내용 소개

정 헌 술
H. S. Jeong

1. 서 언

군산대학교는 해방직후 1947년 군산사범학교로 출발하여 군산수산대학교와의 통합으로 1979년 대통령령에 의해 국립 종합대학으로 인가를 받아, 현재 6개 단과대학에 21,000여명의 학생과 326명의 교수로 구성된 서해안 국가공단 권역의 중심대학으로 부상하였으며, 향후 GM-대우와 TATA-대우가 위치한 자동차중심 군산공단 및 미래 친환경 국가동력원이 될 것으로 기대되는 새만금 권역을 주축으로 중국과의 협력을 강화함으로써 환황해권의 중심대학으로 도약하기 위해 노력하고 있다.

특히 공과대학은 10 전공에 97명의 교수가 재직 중인 최대의 단과대학으로 1~2단계 BK21 사업, TIC 센터, 학교기업, 적조연구 NRL사업 등 국책사업을 수행해 왔으며, 기계공학부의 자작자동차 동아리인 KUMC는 2003년 영남대학교에서 개최된 제8회 SAE Mini-Baja 국제대회에서 종합우승을 비롯한 각종 대회에서 8회의 입상실적을 올린바 있으며, 특히 특성화분야의 하나인 기계자동차분야를 포함한 중·대규모의 5개 NURI사업단을 수행함으로써 최근 중앙일보의 자동차분야 학과의 평가결과 분야별로 전국 순위 3~6위에 랭크되는 등 성장을 거듭하고 있다.

한편 기계공학부의 메카트로닉스 전공에 속한 자동제어연구실은 차량용과 일반산업용 유압시스템과 소형무인비행체의 설계·해석 및 제어에 큰 관심을 갖고, 현재 3명의 대학원생(박사과정 1명, 석사과정 2명)은 연구·개발 활동을 그리고 학부생 5명은 졸업논문·작품 활동을 수행하고 있다.

연락 책임자 : 교수 정헌술, 조교 풍려려, 장지방
소 속 : 군산대학교 기계공학부
주 소 : 573-701 전북 군산시 미룡동 산68번지
전 화 : 063-469-4723
E-mail : hsjeong@kunsan.ac.kr
Internet : http://w3.kunsan.ac.kr/~aclab

2. 연구 및 교육 시설

자동제어연구실의 주요 연구 및 교육시설은 크게 유압분야와 자동제어 분야로 구성되어 있다.

유압분야의 연구교육 시설을 일부 소개하면, 정용량형 액시얼피스톤 펌프와 유량맥동이 거의 없는 스크루우(screw) 펌프를 채택한 2종의 유압동력원(그림 1, 2)이 있으며, 모두 인버터에 의해 속도 및 유량 조절이 가능하다. 유압동력원으로 2개의 유압실린더를 각각 서보밸브 및 비례제어밸브에 의해 제어함으로써, 부하상태에서의 실린더 힘 및 위치제어에 관한 연구뿐만 아니라 실제 부하를 재현할 수 있는 시설(그림 1)이 구축되어 있다. 또한, 자체 설계된 유압관로의 동특성(hydraulic line dynamics) 즉 압력맥동 전파시험 장치(그림 3)는 유압시스템의 해결과제중의 하나인 압력맥동의 저감 및 압력펄스를 위한 특성시험 설비이다. 이외에 교육 전용장비로서 유압회로의 구성시험장비 및 각종 밸브의 기능과 내부를 살필 수 있는 투명 유압요소들과 터빈형 및 기어형 정밀유량계 및 다수의 압력계 등과 같은 계측장비를 보유하고 있다.

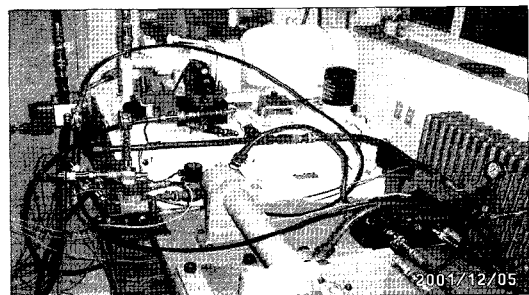


그림 1 액시얼 피스톤펌프와 위치부하제어장치

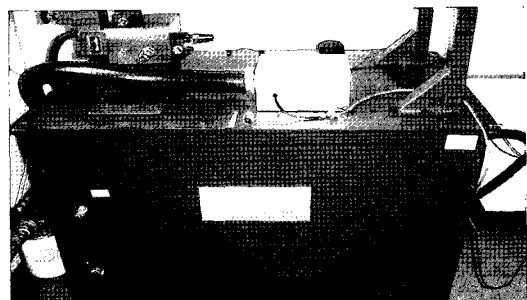


그림 2 스크루우 펌프를 사용한 유압동력원

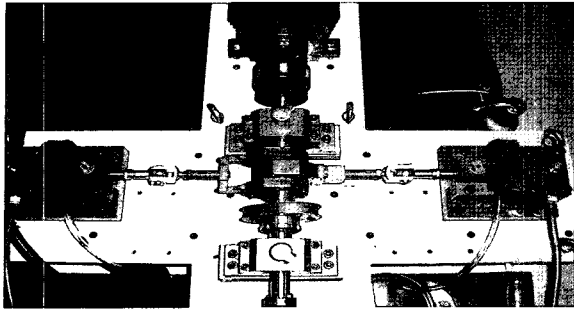


그림 3 압력파전파특성시험용 맥동발생장치

한편, 메카트로닉스 관련 시설로는 도립진자 실험장치(그림 4), 2자유도 헬리콥터 실험장치(그림 5), 자동평형저울 실험장치(그림 6), 소형무인비행체 관련 자체구축 장치(그림 7) 등이 있으며, 특히 자동평형저울 실험장치는 본 연구실의 과제수행 도중에 개발되어 교육용 장비로서 상품화한 장치이다. 유압시스템의 성능을 분석하거나 자동제어 시스템의 제어알고리즘을 신속 구현하여 파라미터를 실시간으로 튜닝할 수 있는 HILS (hardware-in-the-loop-system) 관련 장비에는 dSpace사의 DS1102 보드와 xPC TargetBox가 있다. 그림 8은 FFT, DSP 신호처리 장비와 마이크로프로세서와 센서 실험장치를 각각 나타낸다.

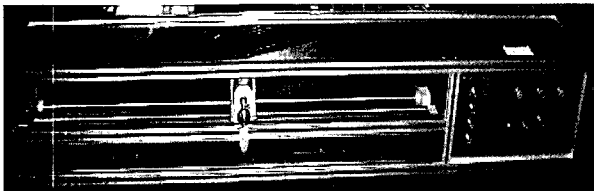


그림 4 도립진자 위치 및 각도제어 실험장치

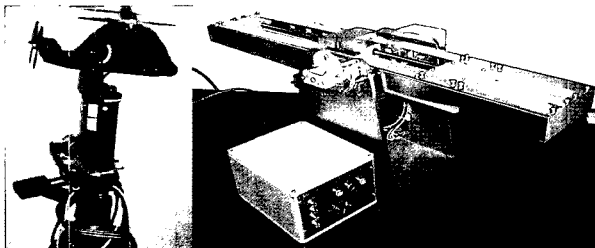


그림 5 2자유도 그림 6 자동평형저울 헬기모델

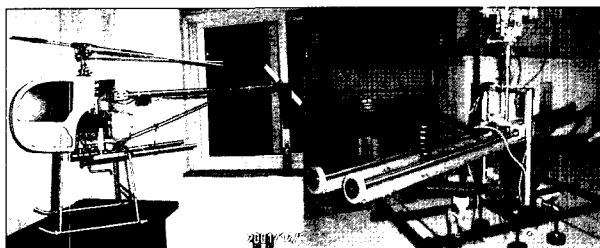


그림 7 소형 헬리콥터 및 6축 운동 플랫폼

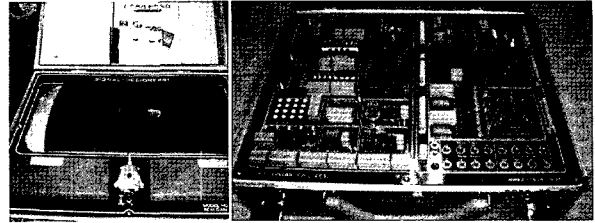


그림 8 FFT신호처리, μ 프로세서, 센서실험장치

그리고 LeCroy사의 400MHz Memory-Scope, 회전축의 상대위치와 속도를 μm 단위로 측정할 수 있는 Laser Vibro-Meter, 20m 정도의 장거리를 비접촉 방식으로 측정하기 위한 Laser 고도계, 6축 힘-토크 측정센서 및 엔진 배기가스의 고온(500°C)상태에서 수 준을 측정할 수 있는 마이크로폰 등을 보유하고 있다.

관련분야 해석용 소프트웨어로는 고압 피스톤 펌프·모터의 상세 유편해석 전용 Caspar2003, 유공압 시스템 해석용 패키지인 AMESim, 범용 과학계산용 MATLAB 및 자기장 응력분포 유동장 등이 혼합된 경우의 복합물리(multi-physics) 해석용 소프트웨어인 COMSOL을 운용 중에 있다.

이외에, 기계공학부에서 운영 중인 TIC센터에는 자동차 새시부품 시험을 위해 1축, 3축, 6축(MAST) 시뮬레이터를 보유하고 있어, GM-대우를 비롯한 차량용 부품의 내구성을 시험하고 있다.

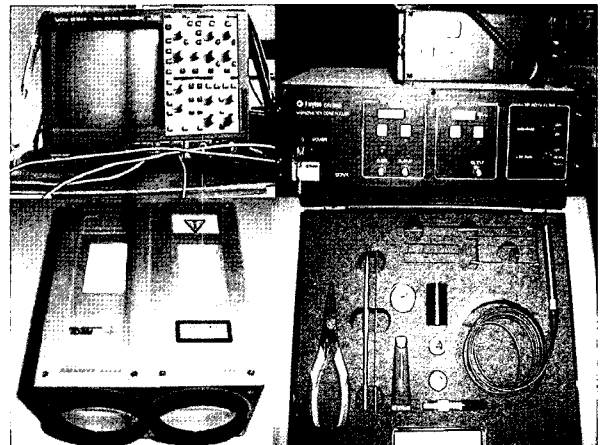


그림 9 메모리스코프, Laser Vibro-Meter, 레이저 고도계, 고온용 마이크로 폰

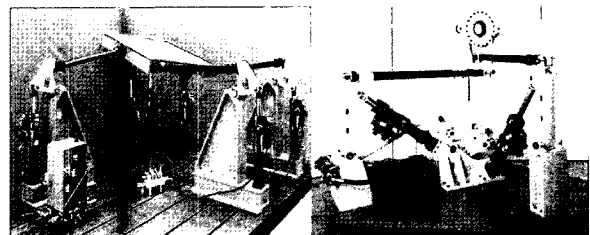


그림 10 6축(MAST) 및 3축 내구 시뮬레이터

3. 교 육

실제적 공학적 지식의 배양과 공학적 시스템의 설계·해석·제작을 목표로 학부과정과 석·박사과정에 다수의 강의가 진행되고 있는데, 본 연구실 지도교수가 담당하고 있는 강좌제목에는 “유압공학”, “시스템 해석”, “자동제어”, “제어시스템 설계”, “공유압공학 특론”, “유압시스템해석 특론”, “자동제어 특론”, “제어시스템 설계 특론”, “최적제어” 등이 있다. 한편, 학위논문을 반드시 통과해야 하는 대학원 과정과 유사하게, 교육내용의 실질적 응용능력을 배양하기 위해 기계공학부에서는 200년부터 학부과정에서도 모든 학생들이 반드시 졸업논문을 제출하도록 의무화하고 있는데, 본 교수의 지도하에 수행된 학부 졸업논문 제목을 정리하면 다음과 같다.

- 2000년 : 멀티로터 수직 이착륙기 외양 설계 및 운동특성 분석, 스프링으로 연결된 이중 진자의 모델해석
- 2001년 : SIMTool과 DSP보드를 이용한 AC서보모터의 구동
- 2002년 : 릴리프 및 서보 밸브의 압력 유량 특성 실험
- 2003년 : 모터-수레의 직선운동에 대한 전달함수 추정과 위치제어
- 2004년 : 2자유도 헬리콥터를 Slip ring을 이용 360도 회전구현과 MATLAB프로그램으로 실험
- 2005년 : 유압 리프트 설계 및 제작, 무선 통신 카메라 제어조작
- 2006년 : 3축 로터구동 비행체의 제작

본 연구실에서는 정규 교과과정에서 현장에서 사용되고 있는 MATLAB, Simulink, AMESim과 같은 상용 프로그램을 사용하여 직접 저술한 교재^{1)~3)}를 이용하여 강의를 진행함으로써, 보다 실제적이고 유용한 시뮬레이션 및 해석능력을 습득하도록 하고 있다.

4. 연 구

4.1 연구의 개요

본 연구실의 연구 분야는 유압시스템의 설계·해석·제어뿐 아니라 차량 및 메카트로닉스 시스템의 설계·해석·제어 및 시스템 개발에 초점을 맞추고

있다

4.2 주요 연구 과제 소개

본 연구실에서 수행한 과제들의 제목과 해당되는 연구기관 또는 사업명칭을 일부 열거하면, 주요 연구분야별로 다음과 같다.

(1) 유압시스템의 설계·해석·제어

진동시험기, 가변유압펌프의 레귤레이터 등과 같은 여러 유압시스템의 설계 및 특성해석을 수행하고 최근 액시얼 피스톤형 펌프·모터의 성능예측용 효율모델(performance estimation efficiency model)을 국가지정연구실 사업의 일환으로 개발하였다. 특히, 유압시스템의 해결과제중의 하나인 압력맥동의 저감 및 압력필터의 설계에 매우 큰 관심을 갖고 있다.

- “전자공압식 PWM 제어기 설계”, 공업기반기술의 위탁연구
- “가변유압펌프의 전자유압식 레귤레이터제어기 설계”, 공업기반기술 과제의 위탁연구
- “유압시스템용 Learning Control Software 개발”, 한국기계연구원, 철도안전성능 시험장치 설계기술 개발의 위탁과제, 효성중공업
- “유압 HST의 Simulation 및 Optimization Program 개발”, 한국기계연구원, 사용자 주문형 유압식 동력 전달 최적설계기술 개발과제의 일부
- “진동시험기용 유압시뮬레이터 개발에 관한 용역”, 한국기계연구원
- “유압 HST의 Mathematical Modeling 및 Program 개발”, 사용자 주문형 유압식 동력전달 최적설계기술 개발과제의 일부, 특정연구개발사업의 국가지정 연구실 NRL사업
- “PC를 이용한 Hydraulic Control System 모델링 및 동특성해석”, 산업기반사업의 고정익용 Extend/Retract Actuator 개발과제의 일부
- “유압제어시스템의 압력맥동저감을 위한 능동형 압력필터의 설계”, 한국과학재단 목적기초 지역 대학 우수연구자 지원연구

(2) 차량 현가장치의 설계·해석·시험

스프링-댐퍼로 구성된 현재 시판중인 차량용 현가장치의 성능특성 시험을 수행하였으며, 신경회로망을 이용한 현가제어 알고리즘 및 self-leveling device의 특성해석을 시도하였다.

- “SM3의 타이어와 댐퍼조합의 주파수응답 시험측정분석”, 금호산업(주)

- "아반테 XG의 타이어와 댐퍼조합의 주파수응답 시험측정분석", 금호산업(주)
- "EF 소나타의 타이어와 댐퍼조합의 주파수응답 시험측정분석", 금호산업(주)
- "타이어와 댐퍼조합의 주파수응답 시험측정분석", 금호산업(주)
- "반능동 현가시스템 고유모델개발", 대우자동차 기술연구소
- "자진 차고유지장치의 성능특성 분석", 군산대 자동차부품기술혁신센터, (주)만도

(3) 디젤엔진 및 배기장치의 설계·해석·시험

디젤엔진 VGT 시스템은 열역학, 유체역학, 동역학이 복합된 매우 복잡한 비선형 시스템이다. 이에 관한 비선형 슬라이딩모드 제어알고리즘을 개발하였다. 그리고 엔진 배기계의 소음전달 특성이 유압관로의 전파특성과 유사하거나 더 간단하다. 이러한 이유로 차량용 머플러의 설계 및 시험을 수행하여, Euro3 소음기준을 만족하는 중형 상용차용 머플러 모델을 개발한 경험이 있다.

- "가변형상과급기 디젤엔진의 슬라이딩모드제어", 한국과학기술재단
- "자동차용 배기장치 (대형트럭 소음기) 저소음화 기술개발", 지역산업진흥사업 지역특화기술개발사업, 한양정밀, 대우상용차, 전북자동차부품산업 혁신센터(JAIC)
- "엔진 배기특성을 고려한 저소음형 SILENCER 설계 및 평가", 군산대 자동차부품기술혁신센터, 대우상용차

(4) 자동 변속장치의 설계·해석·시험

자동변속장치는 수동변속기의 변속과정을 유압시스템에 의해 자동화한 것으로서, 변속유압제어시스템의 성능해석, 시뮬레이터의 개발, 변속특성 시험, 변속 축 토크 및 마찰계수의 추정알고리즘 및 유연변속 제어알고리즘 등을 개발하였다.

- "차세대자동차 저공해 공통기반기술, 변속기 기반 기술", 자동차부품연구소 주관 G7과제의 일부
- "자동변속기의 변속특성 해석 및 변속제어 알고리즘 개발에 관한 연구", 교육부 학술연구조성비 기계공학연구

(5) 메카트로닉스 시스템 설계·해석

지역산업체에서 요청되는 생산 공정의 자동화를

위한 과제를 수행하였으며, 자동제어 교육에 학생들에게 어려움을 겪음을 해소하고자 적합한 교육장비 및 교육과정 개발^{1), 3)}의 일환으로, 자동평형저울 제어실습 장치와 교재를 개발하였다.

- "분쇄용 강구의 자동선별장치 개발", (주)삼화금속, 산학연지역콘소시업 사업
- "콘크리트 펌프카의 국산화 개발", 동양기전(주), 산학연지역콘소시업 사업
- "LED칩 제조공정 자동화에 관한 연구개발", 광전자반도체(주), 산학연 지역콘소시업 사업
- "자동평형저울", 대학보유기술이전사업, 한국산업기술재단 주관
- "자동평형저울", 2002창의공학교육 프로그램 개발 및 확산지원사업, 한국산업기술재단,

(6) 제어알고리즘·제어이론 개발

인공지능 기법의 하나인 신경회로망 이론으로 운동중인 진동체의 진동제어에 관한 알고리즘과 2자유도 교육용 헬기모델의 자세제어(attitude control) 알고리즘을 개발하였다. 특정 시스템에 관한 제어 알고리즘뿐만 아니라, 슬라이딩 모드(sliding mode)이론을 적용하여 제어관점에서 가장 어려운 시스템이라 할 수 있는 비선형 비최소위상(non-minimum phase) 시스템의 추종제어 알고리즘(tracking control)을 개발하였다.

- "신경회로망을 이용한 구조물의 운동중 진동의 제어에 관한 연구", 한국학술진흥재단
- "Sliding Mode Trim and Attitude Control of a 2-DOF Rigid-Rotor Helicopter Model", 군산대 자동차부품기술혁신센터
- "Sliding Mode Tracking Control of Systems with Unstable Zero Dynamics", 한국과학기술재단

5. 결 언

본 연구실에서는 동력전달·운동제어의 핵심요소인 유압시스템 및 차량을 포함한 운동물체의 자동제어 시스템에 관한 설계·해석·시험·제어기 개발을 계속 깊이 있게 수행해 나갈 것이다.

유압시스템 분야에서는 특히 압력맥동의 저감 및 압력필터의 설계에 큰 관심을 갖고 있으며, 차세대 수송기구 개발의 일환으로 소형 무인 비행체의 제어기 개발을 계속 수행할 계획이다.