

동역학 및 제어 부문

이 글에서는 2004년 한 해 동안 동역학 및 제어 분야의 연구동향을 동역학, 진동, 제어, 계측, 기구학, 로봇공학, 차량공학 등으로 나누어 각 분야에 대하여 정리하였다.

박윤식 부문회장(KAIST, 교수)

e-mail : yspark@kaist.ac.kr

동역학

2004년도 동역학 분야에서는 크게 다물체 동역학, 부분구조물 합성법과 보 구조물의 동적 응답에 대한 연구 결과가 주로 발표되었다.

다물체 동역학 분야의 연구는 유연 다물체 동역학, 수치 알고리즘, 실험 등으로 나눌 수 있다. 발표된 연구 결과들을 살펴보면 유연다물체동역학계의 구조 최적설계, 일정한 가속도를 경험하는 다물체 시스템의 모드 특성을 해석할 수 있는 수치 알고리즘에 대한 연구, 구속된 기계 시스템의 동적 해석 방법 연구, 평면상을 움직이는 여러 개의 강체들로 이루어진 시스템의 동적 해석 등이 포함되어 있음을 알 수 있는데, 이들 연구는 유연 또는 강체로 이루어진 다물체의 동적 운동 해석을 수행하는 데 발생하는 문제들을 해결하고자 수행되었다. 특히, 대변형 문제에 대해 다물체 동역학 수치 모사 결과와 실험 결과를 비교 분석한 연구 결과가 발표되었는데, 다물체 동역학의 수치 계산 결과를 실험으로 입증하는 것이 매우 어렵다는 점을 감안할 때 의미 있는 결과라고 말할 수 있다.

다양한 형태의 경계조건이나 병진 또는 회전을 경험하는 보구조물에 대한 동적 특성과 응답 해석에 대한 연구 결과가 수행되었다. 연구 결과들은 보구조물의 구조 동역학 모델에 있어 강체운동에 의한 강성 변화 효과에 대한 연구, 보의 요소 변화가 전체 동적 특성에 미치는 영향과 민감도 해석에 대한 연구, 축 방향으로 움직이는 보의 동적 운동 해석에 대한 연구

등을 포함하고 있다. 이와 같은 연구들은 보구조물의 동적 해석을 수행함에 있어 보다 다양한 문제들을 고려한 연구라고 생각할 수 있다.

동적 운동을 수행함에 있어 시스템을 여러 개의 부분 구조물로 나누고 이들에 대한 동적 운동해석 결과 또는 동적 특성 결과를 전체 동적 운동 해석에 이용하고자 하는 방법이 부분구조물 합성법이다. 2004년도에는 부분구조물 합성법의 평형 방정식을 포텐셜 에너지를 최대화하여 유도하여 전체 동적 운동 해석을 보다 간편하게 수행할 수 있는 방법에 대한 연구 결과가 발표되었다. [곽문규, 동국대학교]

진동

2004년도에 발표된 진동 분야의 연구 논문들을 살펴보면 다양한 분야에 대한 연구가 진행되었음을 알 수 있다. 발표된 분야를 정리하면 다음과 같다. 유체 유동을 포함하는 구조물의 진동 특성에 대한 연구, 지능재료와 지능구조물과 초고주파 또는 압전재료에 의한 진동을 이용한 기기들에 대한 해석, 그리고 최근에 지속적으로 연구가 진행되어오고 있는 분야인 능동 진동 제어, 보구조물의 진동 문제에 대한 해석이 논문으로 발표되었다.

유체를 운반하는 구조물이나 유체와 접한 구조물의 연성 진동에 대한 연구가 발표되었는데 특히 파이프 구조물에 대해서 크랙이나 구조물의 기하학적인 특이성으로 인한 진동 특성의 변화를 해석하려는 시도가 있었다. 이동질량을 가지는 유체유동 파이프 구

조물을 Euler 보 또는 Timoshenko 보로 간주하고 크랙 형태의 결함이 존재할 때 파이프 구조물의 횡진동 특성이 어떻게 변화하는지에 대한 연구가 진행되었으며 유체를 수송하는 양단지지 반원형 곡선관에 대한 동특성을 해석하려는 시도가 있었다. 탄성지지를 가지는 액체 유동 파이프의 진동과 동적 안정성에 대한 연구, 지진에 대한 액체 리액터의 진동 효과에 대한 분석과 같이 액체와 연성된 구조물의 진동 특성에 대한 연구가 수행되었다.

2004년도에는 특히 진동을 이용한 기기들에 대한 해석 및 모델링 방법, 설계 기법을 논하는 연구가 많이 시도되었다. 초음파 세척기에 사용되는 원통형 압전 변환기에 대해 그 진동특성을 해석하는 연구와 압전재료를 이용해 시스템의 진동 에너지를 전력으로 변환하는 기기에 대한 설계 방법, 그리고 RF 스위치의 구현을 위한 수평구동형 박막형 PZT 액추에이터의 설계, 제작 및 시험에 대한 연구가 진행되었다. 또한 기존의 향타기를 대체할 수 있는 초고주파를 이용한 진동 향타기에 대한 설계 및 방진에 대한 연구 결과도 발표되었다. 작동기로서의 압전체에 대한 연구도 동시에 진행되었는데 압전체가 탄성체와 결합되어 있을 경우에 탄성체의 크랙으로 인한 과도 응답의 변화에 대한 연구와 압전 세라믹 판의 자체 크랙으로 인한 동적 특성의 변화 연구 결과가 발표되었다.

구조물의 진동과 소음을 억제하기 위해 지능재료를 이용한 능동진동제어 연구가 지난 수십 년간 지속적으로 수행되어 오고 있다. 최근에는 보다 강력한 작동기가 개발되어 응용되고 있는데, 그 중에는 형상 기억합금을 이용해 구조물의 형상에 변화를 주려는 시도, 생체모방 근육형 작동기 개발하여 보다 효율적으로 구조물을 제어하려는 노력, Electro-Active Polymer(EAP)를 이용해 생체 모방형 작동기를 개발하려는 노력이 진행되어 왔다. 진동을 수동적인 형태로 억제하는 경우에 가장 많이 사용하는 재료가 점탄성 재료인데, 샌드위치 보에 점탄성 레이어가 부분적으로 삽입된 경우에 대한 진동해석에 대한 연구 결과가 발표되었다.

능동적으로 진동을 제어하고자 하는 연구는 최근

수년간 진행되어 왔는데 분포질량 동흡진기가 연속체에 부착되었을 경우에 대해 변위전달함수를 이용하여 동흡진기의 성능을 평가하려는 연구와 진자 형태의 진동 고립화 장치를 이용해 지진 계측을 수행하는 장치의 동적 특성을 해석하려는 연구가 수행되었다.

보구조물은 연속계의 대표적인 시스템으로서 진동 해석에 대해 아직도 많은 연구가 수행되고 있다. 2004년도에는 다양한 형태의 경계조건과 회전 여러 개의 탄성지지를 가지고 있는 보의 진동 해석, 그리고 회전하는 보의 진동해석에 대한 연구 결과가 발표되었다.

최근에 구조물의 손상 여부를 진동 신호에 입각하여 판단하려고 하는 시도가 이루어지고 있는데 구조물 안전진단에 응용되고 있다. [곽문규, 동국대학교]

제 어

제어 분야에서 2004년도 연구는 동작 보조기기, 새로운 구동기 개발, 나노/바이오 기술과의 연동과 로봇 및 자동차 공학에의 응용 등 다양한 분야에서 진행되었다. 각 분야의 연구들을 요약하고 기술하였다.

동작 보조기기 연구 분야에서는 노인들의 자세제어에 관련된 메커니즘의 해석이 시도되었다. 인간의 유연한 자세제어 능력에 대해 뇌에 body dynamics를 모방하는 시스템과 유연하게 조정하는 하나의 제어 플랜이 존재하여 외부 섭동에 대응하는 응답을 발생시키게 되어있다는 가설로 접근하였다. 조작자의 뇌파를 측정해, 그 뇌파에 따라 시스템을 제어하는 신호를 발생시키도록 하는 휠체어를 조작 시스템이 연구되었다. 또한 생체신호제어 운동회복 기술이 연구되었는데 이는 자연상태 인체의 생리적 기능을 효율적으로 대체하는 생체제어 및 지능형 기계전자 제어기술 등 여러 기술이 결합된 통합적 기술이다.

신 개념의 구동기를 개발하기 위해 재료 부문과 연관되어 지능형 재료, 형상 기억합금, 압전 재료 및 EAP, 등에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 형상기억합금은 고유의 열-기계적 특성을 이용한 우주

선 안테나, 의료용 스텐트, 기계요소, 구동기 등에 이용하기 위한 연구가 발표되었으며, EAP 등의 압전 재료를 이용한 작동기를 제작하기 위해 역학적 특성 분석 및 제어 적합성 등이 연구되었고 6축 보행로봇, 화성 탐사선의 시료 채취 형 그리퍼, 와이퍼, 무소음 로봇, 인공 근육 제작 및 제어에 관한 연구가 진행되었다.

마이크로/나노 구조물을 형성함에 있어 몰드 표면 온도를 제어하기 위해 단열층을 이용한 몰드 표면 가열과 MEMS 히터 및 MEMS 센서를 이용하고 목표 몰드 표면 온도를 구현하기 위한 히터의 능동 제어으로써 칼만 필터와 선형 이차 가우시안 보상기를 사용하는 연구가 진행되었으며 생리 조건 하에서의 생체분자 및 단일 세포 등 생체시스템에 대해 단일 분자 수준에서 생명현상을 규명하는 AFM 기술이 연구되었다. 나노/바이오 기술과의 연계는 앞으로도 중점적으로 연구될 것으로 전망된다.

로봇 기술은 구동기, 제어장치, 센서 인공지능, 음성인식, 화상처리 등의 H/W와 S/W의 복합기술로 전자, 제어 기계분야를 포함하는 기술 파급 효과가 큰 분야이다. 이러한 서비스 로봇의 기술 요소 중 제어 기술은 표준화 및 모듈화, 안정성, 자기진단, 제어 언어 등을 총체적으로 다루는 기술로 인간의 두뇌에 해당된다. 지능형 로봇에 있어 제어가 갖추어야 하는 가장 중요한 조건은 인간의 안정성을 보장하는 것과 사용자에 의한 조작이 간편하고 용이해야 한다는 것이다. 기능적으로도 기존의 산업용으로 사용된 제어기와는 달리 센서나 네트워크를 통한 자율적인 학습과 주변환경의 인식, 감지 및 상호 작용을 할 수 있는 기능이 필요하므로 로봇을 위해 더욱 발전된 제어기에 대한 연구가 진행되고 있다.

차량을 대상으로 하는 제어분야의 연구의 한 가지로 첨단안전차량 기술이 연구되었는데 이 기술은 자동차의 급격한 전자화 및 지능화에 따라 운전자의 안전을 향상을 위한 전자/통신/제어공학을 바탕으로 능동적 차량기술이다. 이 밖에도 자동차의 제어장치는 엔진제어 ECU, 자동 변속기 ECU, ABS ECU, Air Bag ECU 등 적용 분야를 점점 넓혀가고 있다. 한편 차 내 전자 제어장치의 증가에 따른 배선 문

제를 해결하기 위하여 차량 내에 네트워크를 적용, CAN이나 MOST와 같은 통신 규격이 사용되고 있다. [양현석, 연세대학교]

계 측

2004년도 계측 분야는 나노 수준의 초소형 정밀 계측기기의 개발과 함께 바이오 측정 분야의 연구가 진행되었으며, 스마트 계측 및 관련 응용시스템의 개발이 활발히 대두되었다.

바이오 센서 개발에 있어서 나노 전자 소자를 이용하는 나노-바이오 센서들이 연구되고 있으며 나노-바이오 융합기술의 하나로 각광받고 있는 캔틸레버를 이용한 나노-바이오 센서 기술이 연구되었다.

구조물에 있어서 잔존수명을 예측하는 것과 이에 대한 최적의 보수시기와 보수방법을 알려줄 수 있는 시설물 모니터링 시스템의 필요성이 증대하고 있고, 이러한 모니터링 시스템은 광섬유 센서를 이용한 유지관리 계측시스템으로 바뀌고 있다. 이는 스마트 구조물과 연계되어 발전할 것이라 예측된다. 스마트 계측 및 모니터링 시스템의 개발은 교량 및 발전구조물, 고층빌딩과 같은 대형 사회기반시설물을 유지 및 관리하기 위하여 그 필요성이 증대되고 있다. 스마트 센서 기술로는 광섬유센서와 압전센서, MEMS 센서, 무선센서기술 등이 최근 관심을 받고 있으며, 구조물의 상태 평가를 위한 방법은 크게 모델 기반 기법과 신호기반기법으로 나눌 수 있다. 스마트 사회기반시설 연구센터는 다른 공학분야에서는 이미 실용화되어 있는 센서기술인 스마트 PZT 센서를 활용하여 구조물의 국부 손상을 탐색하는 연구를 수행하였다. 한편 온도와 각 모드 고유진동수의 관계를 구하여 온도효과를 보정한 진동기반 구조물의 손상 탐색이 연구되었다.

연구를 위한 계측 기술과 함께 실생활에의 응용에 관한 연구도 활발히 진행되었는데 스마트 센서를 이용한 건축 기법이나 화재 탐지 시스템 등이 그것이다. 일례로 소방에도 최신 계측 기술이 응용되고 있는데 자동화재탐지설비와 관련되어 micro-processor에 의한 computer가 활용되고 있다.

Analogue/address감지기가 개발되면서부터 화재감식 기술은 지속적으로 발달하고 있으며, 이에 현재 화재 발생 시 발생하는 냄새, 소리, 가스 등을 감지하는 감지기가 개발되고 있다. 앞으로 방재시스템에 데이터 통신 시스템의 활용은 화재감지, 경보, 소화설비의 작동 등의 방재기술에 새로운 전환점이 될 것이다. [양현석, 연세대학교]

기구학

기구학은 기계공학의 중에서도 매우 전통적인 연구분야에 속하며 또한, 가장 중요한 분야의 하나로 인식되는 분야이다. 기구학의 연구분야는 크게 나누어 기구의 요소에 속하는 관절기구, 기어, 캠 등의 새로운 해석기법이나 방법론에 관한 연구와 구체적인 응용 대상인 자동차, 로봇, 자동화 기계 등의 응용방법에 관한 연구로 구분할 수 있다.

작년 하반기와 올 상반기에 걸쳐서 순수기구학에 관한 연구는 예년에 비하여 질적이나 양적으로 크게 성장을 하였고 관련된 많은 논문이 발표되었다. 케이싱 오실레이터 메커니즘, 케이블 구동 메커니즘, 미소 구동기, 그리퍼, 기어, 유성치차열, 자동차의 현가장치 등 매크로/마이크로 스케일의 영역에 걸쳐서 새로운 구조의 메커니즘에 관한 연구가 활발하게 수행되었으며 다수의 관련된 논문이 발표되었다. 응용 분야에 관해서는 최근 성장동력의 하나로 국가적인 연구의 핵심으로 수행되고 있는 지능로봇과 관련된 새로운 로봇이나 자동화 메커니즘의 연구가 많이 발표되고 있는 것이 주목된다. 병렬형 구조의 로봇 매니퓰레이터, 로봇 손, 강성을 기계적으로 제어할 수 있는 메커니즘, 재활 로봇, 이송로봇, 휴머노이드 관련 연구가 발표되고 있다. 아울러, 장애자용 휠체어 메커니즘, 표정을 구현할 수 있는 얼굴로봇 메커니즘, 새로운 구동 메커니즘, 옥외환경에서 장애물 극복 등에 강점을 가지고 있는 캐터필러를 이용한 이동 로봇 메커니즘, 가정 내의 환경에서 자유롭게 움직일 수 있는 바퀴형 이동 메커니즘 등 새로운 로봇 메커니즘에 관한 연구가 보고되고 있다. [최혁렬, 성균관대학교]

로봇공학

2004년은 전 국민의 관심 속에 혼다의 ASIMO에 버금가는 인간형 로봇인 KAIST의 후보, KIST의 마루, 아라가 발표되는 등 국내 Humanoid 로봇이 등장한 의미있는 해였다. 또한 KIST의 롬해즈가 세계로봇대회 위험작업부문에서 우승하였고, 이라크의 자이툰 부대에서 성공적으로 작전을 수행하였고 서비스로봇 중 국산 청소로봇인 아이클레보가 2004년 말 발표되어 청소로봇의 시장개척의 가능성을 보여주었다. 이로써 로봇이 산업현장을 벗어나 좀더 일반인의 관심 속에 들어갈 수 있게 되었으며, 인간 지원용 지능형 로봇 개발은 더욱더 탄력을 받게 되었다. 지능형 로봇은 궁극적으로 사람과의 교감, 상호작용을 목표로 하고 있으며, 이를 통해 사람을 보조하거나 대신할 수 있어야 한다. 이 목적을 이루기 위해서는 지능형 로봇에 사람과 비슷한 인지 또는 인식 과정과 학습 방법이 필수적이며, 이를 구현하기 위해 제어, 인식, 지능, 정보 등의 다양한 분야의 기술이 연구되고 있다.

2004년도 로봇 공학 분야의 연구는 본 학술지에 국문 논문집 1편, 영어 논문집 6편, 그리고 학술대회를 통해 13편의 논문이 발표되는 등 총 20편의 논문이 발표되었다. 다양한 로봇의 제작을 위한 새로운 메커니즘에 대한 연구부터 이족 보행 로봇의 궤적 생성법까지 다양한 분야에서 연구가 진행되었다.

좀더 자세히 들여다보면, 우선 산업용 로봇의 제어에 관한 연구로서 용접 라인 추종을 위한 제어 기법 연구와 신경 회로망을 이용한 로봇 팔의 제어에 관한 논문이 발표되었다. 인체 수술이나, 재활 보조, 또는 위험한 지역에서의 구조 등 특수한 작업을 목적으로 하는 로봇 시스템의 개발을 위해 이에 적합한 메커니즘의 개발이나, 작업 수행을 위한 알고리즘에 관한 연구가 발표되었으며, 로봇의 하드웨어 설계 및 구성에 관한 논문과 로봇의 기구학 해석도 발표되었다. 주위 환경과의 상호 작용을 위해, 비전을 중심으로 한 센서 시스템에 관한 연구가 논문으로 발표되었으며, 로봇의 인간과의 상호 작용을 위한 시스템과 원격 제어에 관한 연구도 이루어졌다. 또 새로운 센

서의 개발, 로봇 시스템에 대한 분류나 재활 보조를 위한 로봇 구조의 가능성에 대한 연구도 포함되어 있다. 이동 로봇(mobile robot) 분야에서는 wall following을 위한 제어 기법과, 야외 탐사를 위한 비전 시스템의 개발에 관한 논문이 발표되었으며, 신경 회로망을 이용한 궤적 생성법에 대한 연구도 수행되었다. 또 다수의 로봇 네트워크에서 충돌 회피에 대한 방법이 논문으로 발표되었다. [정원근, 포항공과대학교]

차량공학

2004년 1년간 기계학회에서 출간된 차량공학 동계부문 연구논문을 분석해 보면 영어논문집에 6편이 실렸으며, 국문논문집에 12편의 논문이 실렸다. 자동차 관련 논문이 대부분이었으나, 궤도차량과 도로 지반의 접촉에 관련된 논문과 에스컬레이터의 동역학 관련 논문, KTX 고속열차의 횡방향 불안

정 진동 관련 논문, 그리고 하이브리드 전기자동차의 운전 알고리즘 관련 논문이 각 한 편씩 새롭게 등장했다. 이는 차량공학분야의 동역학 및 제어부문 관련 논문이 기존의 자동차의 현가장치의 동역학 연구가 전산기구동역학의 발전과 함께 활발하게 연구가 진행됨에 따라 연구 타당성과 효율성에 대한 신뢰가 높아지고 또한 적용범위가 점점 넓어지고 있음을 알 수 있다. 또한 차량제어 관련 연구가 동역학 및 진동 관련 연구와 동시에 복합적으로 이루어지고 있음을 알 수 있으며 특히 ABS, TCS, 및 차선감지 시스템에 관련된 분야까지 연구범위가 확장되고 있음을 볼 수 있다. 또한 변속기 관련 수동변속기의 변속력, 클러치, 유공압 현가장치, 에어 시트 등 다양한 차량관련 부품들에 대한 동역학 및 제어 관련 연구가 지속적으로 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 가상현실 기반의 차량시뮬레이터의 활용 연구도 활발히 진행되고 있다. [임홍재, 국민대학교]

기계용어해설

간섭계방법(Interferometry)

간섭계를 이용한 광학 측정 및 실험 방법을 말한다.

기기상 측정(On-Machine Measurement)

가공 또는 제작 후 공작물 또는 작업물을 착탈하지 않고 기계(기기)상에서 측정 및 검사를 수행하는 방법을 말한다.

부착력(Adhesion Force)

사전적 의미는 서로 다른 두 종류의 물질이 접촉했을 때에 서로 들러붙는 힘을 의미하며 타이어 공학에서는 타이어를 구성하고 있는 코드층간의 붙어있는 힘의 크기를 의미한다. 부착력은 정해진 크기의 시편에 대하여 일정한 폭을 유지하는 상태에서 층간 분리 시 발생하는 힘의 크기로서 평가하며 부착력이 작으면 타이어 주행 시 발생할 수 있는 층간분리 사고에 불리하다고 볼 수 있다.

역나선(Reciprocal Screw)

임의의 트위스트(twist)에 대하여 순간 일 또는 일률이 영이 되는 렌치(wrench)를 의미한다.