

# 서울과학기술대학교 기계설계자동화공학부의 종합설계교육현황



**김 정 업**

서울과학기술대학교 기계설계자동화공학부 조교수  
jyk76@seoultech.ac.kr

인하대학교 기계공학과 학사  
인하대학교 기계공학과 석사  
KAIST 기계공학과 박사  
KAIST 기계공학과 Postdoc.  
카네기멜론대학교 Postdoc.  
(현) 서울과학기술대 기계설계자동화공학부 조교수  
관심분야 : 휴머노이드, 공학 입문 설계, 캡스톤디자인

## 1. 서론

기계시스템은 창의적 아이디어, 구체화 설계, 실물의 제작, 조립 및 작동, 제어 및 조작, 안정성과 내구성 등을 모두 포함하는 방대한 정신적, 물질적 산물이다. 숙련된 엔지니어는 이 모든 요소를 기술적으로 장악할 수 있어야 할 뿐 아니라, 결과가 만들어지는 과정에 참여하는 인적 변수를 다룰 수 있어야 하고 정보의 흐름을 제어할 수 있어야 하며, 또 결과물의 사회적 영향도 복합적으로 예측할 수 있는 경험과 안목을 가져야 한다.

기계엔지니어 교육에 있어 큰 문제점은 현장에 적용할 수 있는 엔지니어가 필요로 하는 능력과 경험이 이와 같이 종합적인데 반해, 전통적 교육시스템은 어쩔 수 없는 제약으로 이론과 실습을 분할하여 분석적 방식으로 제공하고 있다는 것이다.

캡스톤디자인은 이와 같은 문제를 해결할 수 있는 시스템이다. 캡스톤디자인은 기계에 대한 아이디어를 도출하고, 설계하고, 제작하고, 작동시키는 전 과정을 학생 주도적으로 진행하는 엔지니어로의 예비 경험을 일컫는다. 우리 기계설계자동화공학부는 교육 문제점 해소를 위한 내부적 필요성에 의해 오래 전인 1994년부터 시행하여 왔으며, 정부에 이를 역설하여 교육모델 구축사업을 조성, 수행하였고 다른 국내 대학들에 그 경험을 전파하였으며 이제는 학교의 브랜드로 자리매김하는데

선도적 역할을 다하여 왔다. 본 글에서는 우리 학부에서 수행하고 있는 캡스톤디자인의 교육 현황에 대해서 간략히 소개한다.

## 2. 캡스톤디자인의 특징

### 1) 캡스톤디자인은 필수교과목이다.

Capstone Design은 4학년 1학기 와 2학기에 CapstoneDesign(1)과 CapstoneDesign(2)로 개설되어 있는 교과목이다. 이들은 각각 3학점이며 졸업작품의 진행 및 평가와 연계되어 있다. 졸업작품은 졸업시험을 대신하므로 Capstone Design 교과목을 정상적으로 이수하지 못하면 졸업할 수 없다(야간학생은 졸업시험을 선택할 수도 있다).

교과목의 평점은 작품 수행과정, 결과물, 보고서, 출석, 전시회 반응 등을 종합적으로 평가하여 결정된다. 수강신청 자격은 CapstoneDesign(2) 수강 학기 종강 후 익년 2월 혹은 8월 졸업 가능 학생에게 주어진다.

### 2) 캡스톤디자인은 졸업작품이다.

Capstone Design은 이론위주 공학교육에서 탈피하여 현장 적합형 인력양성을 위해 종합설계 경험으로 학부 4학년 학생들이 졸업 전 자기 스스로 작품을 기획, 설계,

※ 공동저자: **이희원**(서울과학기술대학교), **김성환**(서울과학기술대학교), **박근**(서울과학기술대학교)

제작, 시험하는 일련의 과정을 체험하면서 완성해야 하는 작품이다. 학생들에게 강한 자신감을 부여하고 창의적 엔지니어를 양성하는 특성화된 프로그램이다.

### 3) 캡스톤디자인은 1년 과정의 프로젝트이다.

졸업작품은 하나의 주제로 일관된 팀에서 수행해야 하기 때문에 Capstone Design(1)과 Capstone Design(2)는 원칙적으로 연속된 학기에 이수하여야 한다. 많은 학생들이 사실상 여름방학을 포함하여 진행하고 있으며 오히려 방학 중 많은 시간을 소요하는 제작, 실험 등의 작업을 수행하고 있다. 제작된 프로젝트 결과물 즉 졸업작품은 매년 10월말의 외부 전시회에 출품된다. 이를 통해 학생들은 “완성의 경험”을 얻는다.

### 4) 캡스톤디자인은 팀활동이다.

산업계에서 엔지니어의 실무는 팀을 기반으로 하며, Capstone Design은 이의 예비 경험이다. 졸업 작품은 팀 활동의 결과물이며 학생 개인은 팀의 일원으로 필요 자료를 조사하고, 의사를 소통하고, 최적의 결정을 이끌어 내고, 할당된 업무를 수행한다. 팀원 간의 부조화를 해결하고 상충되는 의견을 조정하면서 자신의 견해와 다른 팀원의 의견을 조정하고 최선안을 도출하는 과정도 Capstone Design의 한 부분이다. 전형적인 팀원 수는 3~4명이다.

### 5) 캡스톤디자인은 종합설계과정이다.

설계란 답이 없는 문제(open-ended problem)의 최적 해결, 환경적/경제적/윤리적 제약조건의 고려, 의사소통을 통한 팀 활동을 모두 포함한다. Capstone Design은 그 중에서도 종합설계에 해당한다. 저학년에서 배운 전공 지식과 이미 경험한 기초설계 및 전공 설계 노하우를 모두 발휘하여 기계를 만들어가는 과정이다. 주어진 문제를 해결하기 위해 습득한 전공 지식과 필요에 의해 수집한 정보에 창의력을 더하여 최적의 방향으로 의사를 결정하는 과정이다.

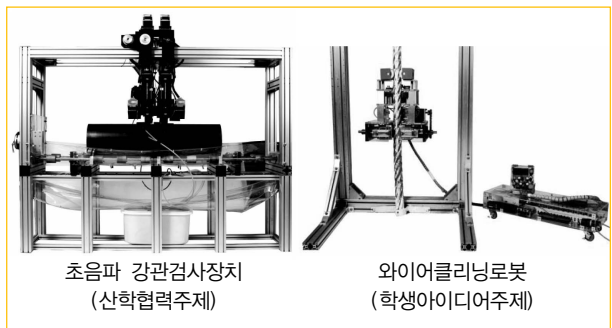
## 3. 캡스톤디자인의 운영 개요

우리 학부는 실용연구에 기초한 엔지니어의 양성이 라는 특성화 목표를 가지고 있다. 이를 위해 캡스톤디자

인 교과목의 목표는 (i) 학생들이 직접 작품의 아이디어를 발상해내고 (ii) 설계, 제작/조립 및 구동까지 수행함으로써 (iii) 제품의 개발단계부터 생산까지의 모든 과정을 이해하는 것으로, 다음과 같은 구체적인 성과를 추구하고 있다.

- ✓ 개방형 문제의 이해 및 아이디어 발상력 배양
- ✓ 실전 문제에 대한 종합설계 경험 습득
- ✓ 프로젝트의 기획, 운영, 결과 보고 능력 습득
- ✓ 팀워크 및 의사소통능력 배양
- ✓ 문제해결을 위한 공학적 도구 연습
- ✓ 특히, 표준 및 규격의 이해와 활용

4학년 캡스톤디자인 과정은 1,2학기 연계과목으로 운영하고 있으며, 총 6학점으로 구성된 졸업필수과정이다. 캡스톤디자인 팀은 기본적으로 3~4 명의 학생들로 구성되며, 학과의 전임 교수 대부분이 참여하고, 교수 일인당 2~4 팀을 지도한다. 표 1은 종합설계 교과목으로서의 캡스톤디자인 교과목의 개요를 나타낸다. 설계 주제는 지능형 로봇 및 메카트로닉 시스템관련 주제로 다음과 같은 6가지 형태로 분류된다(그림1 참조).



▲ 그림1. 캡스톤디자인 작품 예

- ✓ 산학 협력 주제
- ✓ 교수 아이디어 주제
- ✓ 학생 아이디어 주제
- ✓ 학부 동아리 주제
- ✓ 국제/국내 경진대회 주제
- ✓ 연구 논문 주제

교과내용에는 6가지 설계 구성요소와 여러 제한 조건들이 포함되며, 캡스톤디자인을 수행하기 위한 설계 교육은 8번의 정기 특강과 지도 교수와의 정규 미팅을 통

하여 이루어진다. 설계 과정에 대해 살펴보면, 총 12가지 설계 과정이 체계적으로 나뉘어 있다. 겨울 방학중에 과제선정 및 팀 구성이 미리 수행되며, 3, 4월에 각각 개념 설계와 구체화 설계가 진행된다. 5, 6월에 상세 설계와 소요 부품 및 예산 산출이 수행되며 7, 8월에 작품 제작이 수행된다. 9, 10월에 작품 동작 및 개선을 통하여 외부전시회에 합격된 작품들이 출품되고, 이후, 11월에 최종 보고서 제출이 이루어진다. 이밖에도 조교의 지원과 관련 홈페이지가 운영되며 학생들의 졸업 작품 준비 위원회가 구성되어 재료비 처리, 연락 업무, 전시회 보조 등을 맡는다.

캡스톤디자인의 공정한 성적평가를 위해 총 5가지 평가가 있다. 기본적으로 학기당 4회의 발표평가가 있는데, 1학기 중에는 설계심사가 진행되며 2학기 중에는 제작심사가 진행된다. 특히, 학기 마지막 발표평가에는 산업체 인사로 구성된 외부 심사위원들이 참여하여 더욱 객관적인 평가가 이루어진다. 두번째로, 지도교수는 한 달에 두 번씩 정기 면담을 통하여 상시 평가를 시행하는데 이때 개인별 평가가 이루어진다. 세번째로 지도교수는 학기말에 중간보고서와 최종보고서를 평가한다. 네

<표 1> 4학년 캡스톤디자인 교과목 개요 표

설계주제	지능형 로봇 및 메카 시스템관련, 자유주제
설계구성요소	목표설정, 합성, 분석, 제작, 시험, 평가
제한조건	원가, 안전성, 신뢰성, 미학, 윤리성, 사회적 영향
교육내용	1) 창의적 설계의 방법론 2) 발표자료 작성 및 발표요령 3) 제품가공을 고려한 도면작성법 4) 부품선정 및 구매방법 5) 공작기계 사용법 교육 6) 센서 및 제어부품 사용법 교육 7) 외부전시회 출품 및 전시요령 교육 8) 산업체 인사초청 기술세미나
설계과정	1) 팀 구성 및 주제 선정 2) 개념설계 및 아이디어 발표 3) 구체화설계(1) - 기구설계 및 해석 4) 구체화설계(2) - 회로 및 소프트웨어 설계 5) 상세설계 (조립도 및 부품도면 작성) 6) 부품리스트 작성 및 소요예산 산출 7) 1학기 최종발표 및 설계보고서 제출 8) 기구물 가공 9) 부품조립 10) 작품 동작평가 및 개선 11) 외부전시회 출품 및 전시 12) 최종보고서 제출
평가방법	1) 출석(발표 평가 및 특강 참석) 2) 발표 평가(4회/학기) 3) 지도교수 상시평가(2회/월) 4) 보고서 평가 (1회/학기) 5) 특별 평가 1회

번째로 외부 전시회 기간 중에서 모든 지도 교수들이 모든 출품작에 대해서 동작상태, 전시 태도, 호응도 등을 기준으로 특별 평가를 한다. 또한 발표평가 또는 특강시간에 출석 평가를 시행한다.

#### 4. 지난 캡스톤디자인 내역과 성과정리 및 학부의 정책

2004년부터 2007년까지의 Capstone Design 수행 규모, 팀의 구성, 주요 성과를 정리하면 다음 그림2와 같다. 2006년까지는 주,야간의 모든 학생이 Capstone Design을 수행해야 졸업할 수 있었다. 2007년부터는 정책이 바뀌어 야간학생들의 경우 졸업시험으로도 졸업자격을 취득할 수 있게 되었다. 이로 인해 매년 50팀 내외였던 팀 수가 2006년에는 37개로 크게 감소하였다. 2008년에는 야간에서 졸업시험을 선택하는 학생의 수가 약간 감소함에 따라 40팀으로 다소 증가하였다. 경진대회 입상 건수는 매년 15 ~ 20건을 유지하고 있으며 2007년부터는 특허출원, 논문게재 등의 실적을 추가로 올리고 있다 (그림2 참조).

2006년부터 최근 3년간은 경진대회 작품이 줄고, 산학 과제가 지속적으로 증가추세를 보인다. 이는 학부의 정책에 따른 것인데, 학부의 방침은 다음으로 요약될 수 있다.

##### 1) 우량기업과의 산학과제를 가능한 확대한다

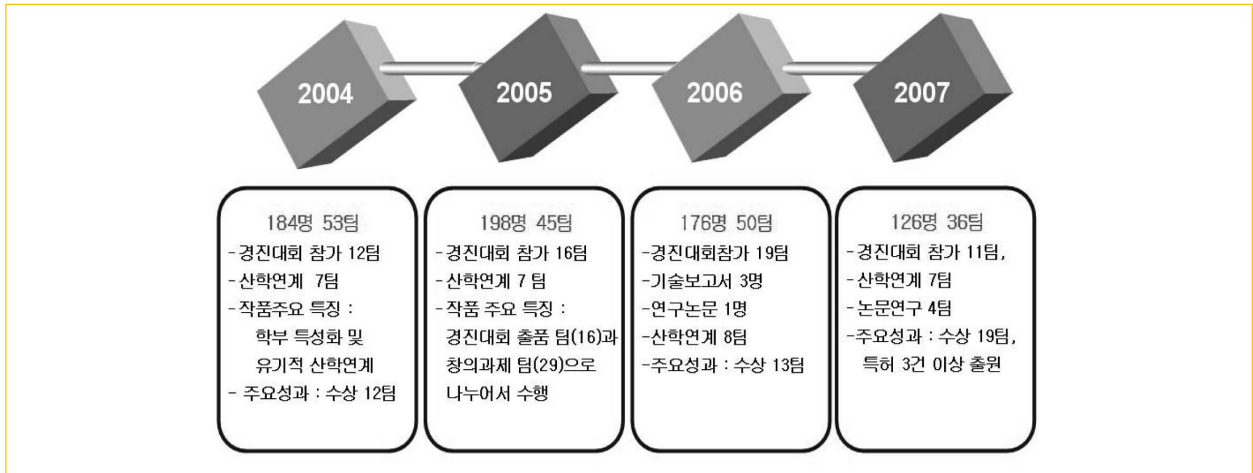
지속적으로 새로운 과제가 공급되고, 현실적 문제와 만나게 해주며, 산업체 교류가 확대되는 등 긍정적인 영향이 크고 산학협력 기반의 학부 발전 전략과 맥을 같이 하기 때문이다.

##### 2) 경진대회 작품은 일정하게 유지한다

완성도가 높고 학생의 동기 유발이 강하며 학교 지명도 향상에 긍정적이다. 하지만 공학적 지식을 적용하고 창의력을 폭넓게 발휘하는 측면에서 부족함이 있다. 전체의 20 ~ 30% 정도로 유지하기로 한다.

#### 5. 캡스톤디자인의 지속가능성

캡스톤디자인의 지속가능한 조건으로 다음 6가지 요건을 꼽을 수 있다 (조벽, 2006).



▲ 그림2. 지난 캡스톤디자인 수행 내역

- ✓ 엔지니어링 과정의 강화
- ✓ 시설지원 및 인력의 투자
- ✓ 공학교육인증제와의 연계
- ✓ 산업체의 참여
- ✓ 학생중심의 운영
- ✓ 교수의 참여를 이끌어낼 수 있는 리더쉽

서울과기대 기계설계자동화공학부의 경우, 16년간의 캡스톤디자인 교과목 운영경험을 통해 위의 6개 항목과 관련된 기반이 어느 정도 갖추어져 있고 해를 거듭하며 산업체 과제의 확대, 해외교류 확대, 평가 시스템 정비

등의 개선을 이뤄가고 있다. 향후, 보다 지속가능한 체제로 발전하려면 엔지니어링 과정을 더욱 강화하고 스튜디오 강의실과 실습실 등의 시설과 지원 인력의 보강이 필요하다. 또한, 공학교육인증제와 연계된 프로그램 학습성과 평가를 위해 채점기준을 더 세분화하여 개발하고 지도교수 별 평가의 객관성과 일관성을 향상시켜야 한다. 이를 위해 교수진의 협의와 연구가 더욱 활성화되어야 할 것으로 생각된다. 