

# 캡스톤디자인 교과목 기반의 프로그램 학습성과 평가 연구

## A Study on the Assessment of Program Outcomes Based on Capstone Design Course

이희원, 김성환, 박 근, 김정엽<sup>†</sup>  
 서울과학기술대학교 기계설계자동화공학부

Hee Won Lee, Sung Hwan Kim, Keun Park and Jung Yup Kim<sup>†</sup>

School of Mechanical Design and Automation Engineering, Seoul National University of Science & Technology

### 요 약

본 논문은 서울과학기술대학교(구 서울산업대학교) 기계설계자동화공학부에서 16년간의 캡스톤디자인 운영경험과 개선을 바탕으로 캡스톤디자인 교과목 기반의 프로그램 학습성과의 평가 사례에 대해 서술하였다. 우선, 캡스톤디자인 교과목과 관련된 프로그램 학습성과를 소개하였고, 평가 방법 및 항목에 대해서 설명하였다. 이를 바탕으로 하여 2008년도의 학습성과 평가 결과를 도출하였고, 이를 분석한 후 개선 전략을 수립하였다. 전략으로서 학생들에게 심사 기준과 모범사례를 온라인상에 미리 공개하였고, 그 결과 2009년도에는 전반적으로 약 3.3% 개선된 학습성과 평가 결과를 얻을 수 있었다. 마지막으로 코스 임베디드 평가 개념 측면에서 캡스톤디자인 교과목을 이용한 프로그램 학습성과 평가의 타당성, 효율성, 내실성, 그리고 지속가능성에 대해서도 논의하였다.

**주제어:** 캡스톤디자인, 프로그램 학습성과 평가, 공학교육인증

### Abstract

This paper presents a case study on the assessment of program outcomes using the capstone design course based on 16-year management experience and improvements of the school of mechanical design and automation engineering in the Seoul National University of Science and Technology. First, the program outcomes related with the capstone design course are introduced, and the assessment methods and items are described. Based on them, the assessment results in 2008 were obtained and a strategy to improve the results were built after analyzation. As for the strategy, we revealed the assessment items and good examples in an internet web site in advance. As a result, we were able to obtain about 3.3% improved assessment results in 2009. Finally, the validity, efficiency, internal stability, and sustainability of the assessment of the program outcomes using the capstone design course are addressed in terms of a notion of the course-embedded assessment.

**Keywords:** Capstone design, Assessment of program outcome, Accreditation of engineering education

## I. 서론

성과중심 교육 (outcomes-based education)을 기 본철학으로 하는 공학교육인증에서 프로그램 학습성과의 평가는 매우 중요하다. 교육기관에서 제공한 교육과정을 이수한 졸업예정자들이 습득한 능력을 종합적으로 측정하고 분석하는 것은 교육과정을 진단하고 개선하는데 필수 요소이기 때문이다 (한국공학교육인증원,

2006; 이강우 외, 2009). 최근에는 언론기관에서 시행하는 대학평가 방식에 문제를 제기하며 졸업생의 프로그램 학습성과 성취도를 기반으로 고등 교육기관의 교육역량을 평가하려는 연구 (Deborah, 2008)도 소개되고 있어, 프로그램 학습성과를 정확히 측정·분석하여 교육의 부가가치를 극대화할 수 있도록 교육과정을 개선하는 노력은 점점 더 중요해질 것으로 예상된다 (채재은, 2009).

그러나, 공학교육인증제를 시행함에 있어 교육현장에서의 체험되는 가장 큰 애로점은 프로그램 학습성과의 평가이다. 이는 교수자에게 익숙치 않은 프로그램 수준의 집단 평가를 필요로 하기 때문이다. 믿을 수 있는 평가는 실현가능한 평가 방법의 준비, 적절한 비용

논문접수일: 2010년 3월 19일

최종수정일: 2010년 9월 14일

논문완료일: 2010년 11월 1일

† 교신저자: 김정엽

및 시간의 실행 방안, 내실 있고 가치있는 결과의 도출이라는 세 가지 요소가 모두 구비되어야 한다. 그러나 이는 공학교육인증제가 집단과 개인에게 모두 침투되어야 이뤄질 수 있는 높은 수준의 시스템 구축으로만 달성될 수 있다고 여겨진다.

아직, 그 역사가 10여년으로 공학교육인증제가 이제 막 정착되어가는 우리나라에서는 각 대학마다 평가도구를 만들고 시행하는 의욕적 활동이 관찰되고 있으나 이면에서는 그 지속성에 대한 의문이 꾸준히 제기되고 있으며 이는 위에 언급한 세 가지 구비 요소에 대한 충족이 아직 이뤄지지 않은 경우가 많기 때문이다. 급조된 평가도구는 자칫 외형적 결과를 생산할 뿐 평가에 참여하는 학생의 진정성을 끌어내지 못하거나 평가자의 신중성이 결여되거나 행정의 엄밀함이 지원되지 못하는 결함을 가질 위험을 내포할 수 있다.

일반적으로 쓰이는 프로그램 학습성과의 평가도구로는 졸업시험, 캡스톤디자인(졸업종합설계) 결과물, 졸업논문, 학생포트폴리오 등의 직접 평가도구와 초점그룹 면담, 졸업예정자 설문 또는 면담 등의 간접 평가도구를 들 수 있다. 한국공학교육인증원(2009)은 반드시 하나이상의 직접 평가도구를 사용하고 다양한 간접 평가도구를 보조적으로 활용하여 프로그램 학습성과를 평가하도록 권장하고 있다. 그러나 졸업논문과 캡스톤디자인 등 교과목과 관련된 평가도구를 제외한 나머지 평가도구들은 평가를 위해 별도의 시간과 비용, 인력을 써야 하기 때문에 매년 지속적으로 평가를 시행하기 어려운 문제점을 지니고 있다. 이에 따라 효율적이고도 실행가능한 프로그램 학습성과의 평가방법을 찾기 위한 연구 사례들이 활발하게 소개되고 있으며(한지영, 2009; 허돈, 2009; 김복기 외, 2008), 본 연구에서는 캡스톤디자인 교과목을 기반으로 하는 프로그램 학습성과의 평가 사례를 소개하고자 한다. 캡스톤디자인 교과목은 공학교육인증기준에서는 설계교육의 최종단계로서 학생들의 모든 지식을 종합하고 공학 설계 능력을 최종적으로 극대화하며 프로그램의 학습성과를 평가할 수 있는 효과적인 직접평가 기회를 제공한다. 또한, 모든 학생이 수강하는 교과목이기 때문에 평가 자료의 수집을 위해 별도의 시간과 노력을 들이지 않아도 되고, 교과목에 참여하는 교수진은 각자가 담당하는 팀을 지도하지만 프로그램 차원에서 수립된 공동의 학습목표와 평가기준을 공유하기 때문에 프로그램 학습성과의 달성을 위해 효과적으로 교과목을 운영할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 서울과학기술대 기계설계자동화공학부의 캡스톤디자인 교과목의 운영방법과 이를 통한 프

로그램 학습성과의 평가방법, 그 장단점 분석과 개선점에 대해 논하고자 한다.

## II. 서울과학기술대 기계설계자동화공학부의 캡스톤디자인 교과목 운영 개요

우리 학부는 실용연구에 기초한 엔지니어의 양성이라는 특성화 목표를 가지고 있다. 이를 위해 캡스톤디자인 교과목을 1994년부터 운영하고 있으며, 본 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.

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

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

- 1) 산학 협력 주제
- 2) 교수 아이디어 주제
- 3) 학생 아이디어 주제
- 4) 학부 동아리 주제
- 5) 국제/국내 경진대회 주제
- 6) 연구 논문 주제

교과내용에는 6가지 설계 구성요소와 여러 제한 조건들이 포함되며, 캡스톤디자인을 수행하기 위한 설계 교육은 8번의 정기 특강과 지도 교수와의 정규 미팅을 통하여 이루어진다. 설계 과정에 대해 살펴보면, 총 12가지 설계 과정이 체계적으로 나뉘어 있다. 겨울 방학 중에 과제선정 및 팀 구성이 미리 수행되며, 3, 4월에 각각 개념 설계와 구체화 설계가 진행된다. 5, 6월에 상

세 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 조

교의 지원과 관련 홈페이지가 운영되며 학생들의 졸업 작품 준비위원회가 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. 두 번째로, 지도교수는 한 달에 두 번씩 정기 면담을 통하여 상시 평가를 시행하는데 이때 개인별 평가가 이루어진다. 세 번째로 지도교수는 학기말에 중간보고서와 최종보고서를 평가한다. 네 번째로 외부 전시회 기간 중에서 모든 지도교수들이 모든 출품작에 대해서 동작상태, 전시 태도, 호응도 등을 기준으로 특별 평가를 한다. 또한 발표평가 또는 특강시간에 출석 평가를 시행한다.

<표 1> 4학년 캡스톤디자인 교과목 개요 표  
<Table 1> Outline of capstone design course

설계주제	지능형 로봇 및 메카 시스템관련 자유주제
설계 구성요소	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) 동작기계 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

### Ⅲ. 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가

#### 1. 프로그램 학습성과 수행준거별 평가도구

본 프로그램의 학습성과는 크게 전공기반, 공학소양, 공학실무의 세 가지 범주로 구분된다. 한국공학교육인 증원에서 제시한 전공기반 및 공학소양의 범주에 속한 항목(PO1-12)에 대응되도록 본 프로그램의 학습성과 12개 항목을 설정하였고, 공학 실무의 범주에 속하는 ‘창의성’ 항목(PO13)을 추가하였다. 해당 프로그램 학습성과는 캡스톤디자인 교과목에서 학생들이 많은 비중을 가지고 달성해야 할 학습성과이다. <표 2>에는 PO13에 대한 수행준거 및 평가도구를 요약하였다.

본 프로그램의 13개 학습성과에 대한 수행준거별 평가도구는 <표 3>에 요약된 바와 같이 캡스톤디자인 발

<표 2> 프로그램 학습성과 13의 수행준거 및 평가도구

<Table 2> Performance criteria and assessment tools for PO13

PO13	공학문제를 창의적으로 해결할 수 있는 능력	
수행준거	실생활에서의 공학적인 문제에 대해 창의적인 아이디어를 제시하고 구현할 수 있는 능력	
루 브 릭	평가도구	캡스톤디자인 발표평가 / 전시회에서의 산업체 설문조사
	상	작품의 창의성이 우수하며 새로운 아이디어를 성공적으로 구현 / 전시회 참가 산업체인사 대상 작품의 창의성 설문조사 결과 70% 이상
	중	기존의 제품을 바탕으로 성능을 향상시킬 수 있는 아이디어가 추가 / 전시회 참가 산업체인사 대상 작품의 창의성 설문조사 결과 50% 이상
하	작품이 기존의 제품을 모방하여 구현한 수준	전시회 참가 산업체인사 대상 작품의 창의성 설문조사 결과 50% 미만

<표 3> 프로그램 학습성과의 평가도구 요약

<Table 3> Summary of assessment tools for PO's

PO	캡스톤디자인		설문 조사	산업체 평가	출구 조사	에세이 평가	공인 성적
	발표	보고서					
1		○			○		
2	○	○					
3	○			○			
4		○			○		
5		○	○				
6	○		○				
7	○	○					
8			○			○	
9			○		○		
10			○		○		
11			○			○	
12						○	○
13	○			○			

<표 4> 캡스톤디자인에서의 프로그램 학습성과 평가

<Table 4> Assessment of PO's in the capstone design

평가대상 수행준거	평가도구	관련 PO
실험계획 및 실행 능력	캡스톤 디자인 발표평가	2
제한조건을 반영한 요소 및 시스템의 설계		3
설계 및 제작과정에서 팀원간의 협동 능력		6
발표심사 시 내용전달의 명확성		7
작품의 창의성 및 구현의 완성도		13
수학, 기초과학, 공학지식 응용 능력	캡스톤 디자인 보고서 평가	1
설계단계의 자료검토 및 분석 능력		2
공학문제의 공식화 및 문제해결 능력		4
공학도구(SW, 장비) 활용 능력		5
보고서의 완성도 및 체계성		7

표 또는 보고서, 졸업예정자 설문조사, 산업체 평가, 출구조사, 에세이평가, 공인성적 평가의 6개의 평가도구를 사용하여 4학년 2학기에 정기적으로 시행하고 있다. 현재 개발되어 있는 해당 프로그램 학습성과의 평가도구를 <표 3>에 요약하였으며, 학습성과별 2개씩의 평가도구가 사용되고 있다. 따라서 13개의 프로그램 학습성과에 대해 26개의 평가가 이루어지는데, 이중 11개의 평가(42.34% 해당)가 캡스톤디자인 교과목 운영과정에서 직접적으로 이루어진다. 또한 매년 실시되는 캡스톤디자인 작품전시회에서 실시되는 졸업예정자 설문

<표 5> 프로그램 학습성과의 기타 평가도구들

<Table 5> Assessment of PO's by the other tools

평가대상 수행준거	평가도구	관련 PO
수학, 기초과학, 공학지식 응용 능력	출구조사	1
제한조건을 반영한 요소 및 시스템의 설계	산업체설문	3
공학문제의 공식화 및 문제해결 능력	출구조사	4
공학도구(SW, 장비) 활용 능력	졸업설문	5
설계 및 제작과정에서 팀원간의 협동 능력	졸업설문	6
평생교육의 필요성 인식 및 참여 능력	에세이평가	8
윤리와 도덕적 책임의식	졸업설문	11
공학문제에 대한 거시적 안목	출구조사	9
시사적 논점에 대한 기본 지식	졸업설문	10
국제적 협력을 위한 영어 소통 능력	공인시험 에세이평가	12
작품의 창의성 및 구현의 완성도	산업체설문	13

조사와 산업체 평가를 통해 8개의 프로그램 학습성과 평가(30.8% 해당)가 간접적으로 이루어진다. 결과적으로 전체 프로그램 학습성과 평가중 73%에 해당하는 평가가 캡스톤디자인 운영과정에서 이루어지게 된다. 참고로, <표 5>는 캡스톤디자인 교과목 이외의 프로그램 학습성과 평가도구를 수행준거와 함께 보여준다.

## 2. 캡스톤디자인 교과목 연계 프로그램 학습성과

캡스톤디자인 교과목은 4학년 학생들을 대상으로, 본 프로그램의 교육과정을 종합하여 수행하는 만큼, 진행 과정에서 발생하는 각종 평가결과 중 필요한 부분을 프로그램의 학습성과 측정치로 연계시켜 활용하고 있다. 캡스톤디자인 교과목의 평가는 크게 전체 교수들이 참여하는 발표심사와 지도교수가 평가하는 보고서심사로 구분될 수 있다. <표 4>에 프로그램 학습성과 평가항목 중 캡스톤디자인을 활용한 평가에 대해 2가지 평가도구를 구분하여 요약하였다.

현재 캡스톤디자인의 발표심사는 1학기 4회(설계심사) 및 2학기 4회(제작심사)에 걸쳐 이루어지고 있으며, 발표심사의 항목을 프로그램의 학습성과와 연관지어 평가하고 있다. 매 발표심사별 평가항목은 4가지로 되어있는데, '진척도'와 '발표력'은 모든 발표에서 공통적으로 포함하여 평가하고, 공통평가항목 외에 발표의 성격에 따라 2가지 특성화 항목을 정의하여 평가하고 있다(<표 6> 참조). 보고서심사의 경우 1학기 종료 시 설계보고서, 2학기 종료 시 최종보고서에 대해 지도교수가 정해진 기준에 의해 항목별로 평가한다. <표

7>에 캡스톤디자인 보고서심사의 평가항목 및 관련 프로그램 학습성과를 예시하였다.

<표 6> 캡스톤디자인 교과목의 발표심사 평가항목  
<Table 6>Assessment items in presentation evaluation

학기	구분	평가항목	PO
공통	공통평가항목	진척도	6
		발표 및 의사소통능력	7
1학기 (설계)	(1)제안발표	작품의 창의성	13
		자료조사 및 분석	2
	(2)개념설계	설계구성요소	3
		실현가능성 및 난이도	3
	(3)상세설계	설계내용(기구/회로)	3
		공학지식응용	3
	(4)최종설계	설계완성도, 도면	3
		경제성 및 부품리스트	3
2학기 (제작)	(5)부품제작	기구부품 가공 완성도	2
		제어부품 작동상태	2
	(6)작품조립	기구부 조립상태	2
		제어부 조립상태	2
	(7)작품동작	동작상태 및 기능구현	13
		안정성 및 재현성	13
	(8)최종심사	최종완성도	13
		전시성	13

<표 7> 캡스톤디자인 교과목의 보고서심사 평가항목  
<Table 7> Assessment items in the report evaluation

번호	평가 항목	PO
1	설계과정에서 공학적 지식(이론적 계산, 기구해석, CAE해석 등)이 적절히 활용되고 있는지?	1
2	설계과정에서 공학적 도구가 적절히 활용되고 있는지? (예. CAD, 제어 Tool 등)	5
3	과제도출 및 설계단계에서 선행기술 자료가 체계적으로 검토/분석되고 인용되었는지?	2
4	작품설계(기구/회로/소프트웨어) 및 제작과정에서의 문제점 해결이 체계적으로 이루어졌는지?	4
5	보고서의 내용 기술이 적절하며 수행내용에 대한 논리적인 설명이 충분한지? (질적 수준)	7

<표 8> 캡스톤디자인 교과목의 발표심사 평가결과  
<Table 8> Assessment results of the presentation evaluation

PO	수행준거	달성도(%)	
		2008	2009
2	자료를 이해하고 분석할 수 있는 능력 실험을 계획하고 수행할 수 있는 능력	62	68
3	현실적 제한조건을 반영하여 시스템, 요소, 공정을 설계할 수 있는 능력	70	66
6	복합 학제적 팀의 한 구성원의 역할을 해낼 수 있는 능력	72	72
7	효과적으로 의사를 전달할 수 있는 능력	70	74
13	실무적 문제를 정의하여 창의적이고, 협동적으로 해결할 수 있는 능력	72	78

### 3. 프로그램 학습성과 평가결과 분석 및 개선

상기 평가도구를 사용하여 2008년도 및 2009년도의 캡스톤디자인 과제를 대상으로 프로그램 학습성과를 평가하였다. 학습성과의 평가도구별 달성목표는 모든 항목에 대해 70%로 설정하였다. 2008년도의 경우 총 40개의 과제가 수행되었으며, 149명의 학생이 참여하였다. 2009년도의 경우 총 37개의 과제가 수행되었으며, 141명의 학생이 참여하였다. <표 8>과 <표 9>에 각각 발표심사 평가결과와 보고서심사 평가결과를 연도별로 요약하였다.

발표심사의 경우 전반적으로 70% 정도의 달성도(달성도란 100점을 만점으로 환산 시 모든 수강생들이 얻은 점수의 평균치를 뜻함)를 보이고 있다. 다만 프로그램 학습성과 2(자료분석)의 경우 2008년도 달성도가 62%로 상대적으로 낮게 나타났는데, 이는 캡스톤디자인의 발표심사 중 학습성과 2에 해당하는 자료분석 항목은 발표심사 초기에 수행되는 관계로(<표 6> 참조) 학생들이 발표심사 기준 및 심사교수의 평가성향을 충분히 숙지하지 못한 상태에서 이루어졌기 때문으로 분석된다. 상기 문제점을 보완하기 위해 2009년에는 학기초에 <표 5>의 발표심사 기준을 학생들에게 공개하고 2008년도 발표내용중 모범사례를 학부 홈페이지에 공지하여 학생들이 참조할 수 있도록 조치하였다. 이러한 조치 결과 2009년도에는 달성도가 68%로 소폭 상승하

<표 9> 캡스톤디자인 교과목의 보고서심사 평가결과

<Table 9> Assessment results of the report evaluation

PO	수행준거	달성도(%)	
		1	2009
1	수학, 기초과학, 공학의 지식과 정보기술을 응용할 수 있는 능력	85	91
2	자료를 이해하고 분석할 수 있는 능력 실험을 계획하고 수행할 수 있는 능력	90	86
4	공학 문제를 인식하며, 이를 공식화하고 해결할 수 있는 능력	83	83
5	공학 실무에 필요한 기술, 방법, 도구들을 사용할 수 있는 능력	82	95
7	효과적으로 의사를 전달할 수 있는 능력	81	87

여 프로그램 학습성과의 평가결과를 통해 프로그램의 개선에 활용할 수 있었던 것으로 평가된다. 반면에 학습성과 3(설계능력)의 경우 2008년도 대비 4%정도 감소한 것으로 나타나 프로그램 위원회에 보고되어 캡스톤디자인 교과목 담당교수에게 학생들 지도를 강화하도록 전달되었다. 또한 설계과목 담당교수들에게 과목별 설계교육을 강화하도록 조치되었다.

반면에 보고서 평가의 경우 2008년 및 2009년 모두 80% 이상의 달성도를 보였는데, 이는 보고서 평가의 경우 작품의 완성 및 진시가 완료된 시점에서 이루어지는 만큼 중간 진행과정에서 수시로 평가되는 발표평가에 비해 높은 달성도를 보이는 것으로 판단된다. 또한 보고서 평가의 경우 지도교수가 평가하는 만큼 프로그램의 전체 교수가 평가하는 발표심사에 비해 상대적으로 평가점수가 후하게 주어지는 것도 부가적인 원인으로 추정된다.

**IV. 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가의 특징**

서울과학기술대 기계설계자동화공학부에서 시행하는 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가는 앞의 2장과 3장에서 설명한 바와 같이 팀과 개별 학생에 대한 학업성취도 평가와 병행하여 프로그램 학습성과를 측정한다는 면에서 코스 임베디드 평가와 유사점이 많다. 한지영(2009)은 교과목을 활용한 프로그램 학습성과 평가의 효과를 다음과 같이 제시하고 있다.

- 교과목에 포함된 통상적 학습활동에 근거한 평가이기 때문에 평가를 위한 데이터 수집에 별도의 시간이 요구되지 않는다.
- 교과목에 여러 교수자가 동시에 참여하는 경우 평가 과정과 평가결과에 대한 표준화를 실현하는데 도움을 준다. 여러 교수일 경우 책임감을 가지고 평가 전

반에 관해 논의를 하게 되는데 이는 융통성과 표준화를 동시에 확보할 수 있는 기반이 된다.

- 교수자에 의한 직접적 평가가 실행되어 피드백이 빠르다. 또 피드백의 빈도도 증가하여 개선의 기회를 많이 갖게 된다.
- 학생들의 참여 동기가 높고 별도의 인센티브 없이도 효율적 실행이 가능하여 비용이 감소한다. 또한 교과운영의 일부이므로 교수자가 진행과 평가에 신중한 태도를 유지할 수 있다.

본 논문 4장에서는 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가의 타당성, 효율성과 내실성에 대해 논의한다.

**1. 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가의 타당성**

교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가가 타당성을 가지려면 교과목의 학습성과가 프로그램 학습성과와 많은 부분을 공유하고 있어야 할 것이다.

캡스톤디자인 교과목은 메카트로닉스 분야의 최고 인재양성이라는 학부 비전에 초점을 맞춘 전공지식 캡스톤디자인 교과목으로 PO1에서 PO5까지의 모든 전공 영역 프로그램 학습성과를 반영하고 있다. 또한 본 프로그램에서 추가로 설정한 PO13 ‘창의성’ 항목과도 긴밀히 관련되어 있다. 교과목을 지도하는 교수진은 전공 및 창의성 관련 프로그램 학습성과의 배양을 위해 학생들이 <표 10>과 같은 교과 활동을 수행하도록 지도하고 있다. 또한 소프트스킬 영역의 프로그램 학습성과가 함양되고 평가되도록 하기 위해 교과목 내에서 <표 11>과 같은 교과 활동이 이루어지도록 하고 있다. <표 11>에서 PO8, PO9, PO10, PO11에 해당하는 활동을 괄호로 표시한 것은 교과목에서 진행되는 간접적인 활동임을 나타낸다. 간접적인 활동이란 교과목에 직접 포

<표 10> 캡스톤디자인 교과목 내 전공 프로그램 학습성과 관련 활동

<Table 10> Student activities related with hard-skill in capstone design course

PO	연관 활동
1(기초지식)	엔지니어링 해석 과정의 포함
2(자료분석)	관련 자료조사, 체계적 실험
3(설계능력)	경제성, 안정성, 미학 등 제한조건 포함 설계 완성도 및 타당성 설명
4(문제해결)	작품과 공학지식의 연관성 설명 문제의 기술적 해결과정 설명
5(공학도구)	사용 공학도구의 설명
13 (창의력)	아이디어 전개과정 설명

<표 11> 캡스톤디자인 교과목 내 소프트스킬 프로그램 학습성과 관련 활동

<Table 11> Student activities related with soft-skill in capstone design course

PO	연관 활동
6(협동능력)	팀활동 통한 팀협동, 1인팀 금지
7(의사전달)	발표심사 대응, 팀원 간 회의록 작성
8(평생교육)	(에세이 작성, 최종보고서 제출시 제출)
9(공학이해)	(출구조사 작성, 최종보고서 제출시 제출)
10(시사논점)	(출구조사 작성, 최종보고서 제출시 제출)
11(직업윤리)	(에세이 작성, 최종보고서 제출시 제출)
12(국제능력)	결과보고 에세이에 산업, 시장, 기술의 국제동향에 대해 기술

함된 것은 아니지만 교과목이 지렛대 역할을 하여 효율적으로 수행될 수 있는 활동을 의미한다.

이상과 같이 캡스톤디자인 교과목은 프로그램 학습성과 13개 중 9가지와 관련된 능력을 배양하고 평가하기 위한 활동을 포함하고 있으며 나머지 4가지 프로그램 학습성과의 평가를 위한 활동을 구동하는 도구로 사용되고 있어 프로그램 학습성과의 평가에 타당한 도구라 할 수 있다.

## 2. 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가의 효율성

프로그램 학습성과 평가의 효율성은 평가가 얼마나 적은 비용으로 수월하게 이루어지는가 하는 관점에서 생각될 수 있다. 우선 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가는 구성원 모두에게 참여 동기를 제공한다. 4학년 1, 2학기에 걸쳐 각각 3학점씩 6학점

의 적지 않은 학점을 부여받게 되며 특히 졸업 자격시험을 대체하는 성격을 가지고 있으므로 이 교과목에 상당한 비중을 느끼고 있다. 2장에서 설명한 바와 같이 2009년을 기준으로 16년째 지속되는 교과목이고 12년째 외부전시회에 참여해온 전력을 알고 있는 학생들은 캡스톤디자인 교과목의 이수과정을 학부의 문화이자 졸업의 당연한 절차로 여기고 있으며, 이에서 얻을 수 있는 엔지니어로서의 예비 경험이 취업과 사회생활에 도움을 준다고 생각하고 있다. 따라서 학생들은 여름방학 기간 중에 진행되는 제작심사 일정에도 기꺼이 참여하며, 좋은 작품을 만들어 전시회에 출품함으로써 완성의 보람을 얻고자 하는 적극적 동기를 가지고 있다. 이러한 자기 주도 학습에의 참여 경험은 학과 내에 진행되는 다른 어떤 활동에서 보다 소중한 것으로 생각되고 있다.

두 번째로 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가는 교과목의 성적 평가 작업을 진행하는 과정에서 이루어지므로 구성원 모두에게 익숙하며 따라서 추가의 노력이 크게 요구되지 않는다는 면에서 효율적이다. 캡스톤디자인 교과목의 성적 평가방식은 이미 2장에서 언급된 바와 같으며, 표준화된 심사항목으로 구성된 심사서식에 의해 이뤄지고 모든 심사항목은 프로그램 학습성과와 연관되어 있다. 즉, 평가 교수가 교과목에 대한 평가를 수행하면 이것이 자동으로 프로그램 학습성과의 평가결과에 반영된다. 교수나 학생의 입장에서는 매우 익숙한 과정이며 추가의 시간이나 노력을 요구하지 않는다.

세 번째로 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가는 소프트스킬에 관한 적절한 평가도구를 손쉽게 제공해 준다는 면에서 효율적이다. 소프트스킬은 전문교양 교과목을 통해 함양되는 부분이 적지 않으나 대부분의 교양교과목은 프로그램 외부의 교수들에 의해 진행되고 저학년에 집중되어 있으므로 소프트스킬 관련 프로그램 학습성과의 배양과 평가가 쉽지 않은 것이 현실이다. 캡스톤디자인 교과목은 폭넓은 팀활동을 요구하므로 이를 배양하고 평가하는 기회를 제공해 준다. 8회에 걸쳐 실시되는 발표평가는 구두 발표와 작품 설명을 포함하고 있고 지도교수와 면담지도를 통해서도 의사소통 능력의 배양과 평가 진행된다. 또 소프트스킬 관련 프로그램 학습성과의 평가를 위해 작성되는 에세이, 보고서, 출구조사는 캡스톤디자인 교과목을 통해 수월하게 진행될 수 있다. 에세이와 보고서는 최종 결과보고서를 제출할 때 함께 제출되며 출구조사는 전시회 종료 후 마지막 정리 회의에서 팀별로 지도

교수에 의해 진행된다. 특히 이 마지막 회의는 성과를 정리하고 일년동안의 수고를 치하하는 이벤트의 의미도 가지므로 학생의 성의있는 참여를 유도하게 된다.

이상과 같이 구성원에게 참여 동기를 부여하고 있고 익숙한 교과평가의 과정에 포함되어 있으며 소프트스킬에 대한 평가 기회를 제공해 준다는 점에서 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가는 충분히 효율성을 가지고 있다.

### 3. 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가의 내실성

프로그램 학습성과 평가의 결과가 얼마나 내실이 있는가 즉, 믿을 수 있는 결과인가를 판단하는 것은 매우 어려운 일이다. 엄밀하게는 평가 결과를 반영하여 프로그램을 개선하고 운영한 뒤 다시 평가하는 과정을 반복하여 프로그램 학습성과 성취도가 점차 향상되는 결과를 보여야 평가와 개선이 모두 적합함을 보일 수 있겠지만 이는 매우 장기적인 작업이다. 내실성의 간접적인 논거로는 다음과 같은 요소들을 생각해볼 수 있다.

첫째로는 평가에 참가하는 학생들의 진정성이다. 논리적으로 완벽한 평가도구가 학생들의 참여의식 부족이 염려되어 실행되기 어려운 경우도 있다. 예를 들어 PO1(기초지식)의 평가도구로는 졸업하는 학생들을 대상으로 시험을 치르는 것이 논리적으로 가장 좋은 방안이다. 하지만 프로그램에서 졸업시험을 치르지 않다가 단지 PO1의 평가를 위해 시험을 시행한다면 그로부터 발생하는 행정 부담은 차치하고라도 학생들의 성의 있는 자세를 기대하기 어렵다는 문제를 가지고 있다. 다른 평가도구에도 비슷한 문제가 있는데 에세이 작성, 보고서 작성, 출구조사, 설문 등도 학생의 진정성이 뒷받침되지 않으면 자칫 부정확한 데이터로 혼란만 가중시킬 수 있다. 문제는 어떻게 학생에게 큰 부담을 주지 않으면서 성의있게 평가에 참여하도록 할 수 있는가이다. 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가는 학생의 참여의식을 유도하는 체제이다. 에세이와 보고서는 지도교수에게 제출되며 출구조사는 지도교수와 일대일로 이루어진다. 일년동안 작품과 관련하여 다수의 팀별 면담을 가져온 학생과 교수는 이미 친밀하고도 입체적인 인간관계를 형성하고 있다. 학생은 좋은 성적을 받고 졸업 자격을 얻기 위해 최선을 다해왔으며 이런 환경에서 학생에게 부여된 에세이와 보고서, 출구조사 참여 과제는 최선을 다하여 수행된다고 볼 수 있다.

평가 내실성의 두 번째 논거는 평가교수들의 신중성이다. 교과평가는 교수들의 일상 업무이므로 매우 익숙

하고 적지 않은 학점을 담당하고 있다는 의무감은 평가에 있어 신중함을 유지하게 하는 요인이 된다. 에세이와 보고서의 평가와 출구조사는 교수 입장에서는 상당히 고된 업무라고 할 수 있으나 교수별로 10여명의 학생에 대해서만 수행하면 되므로 비교적 적은 노력으로 수행될 수 있다. 특히 평가 대상 학생들이 모두 일년 동안 교수와 동고동락 했던 학생이고 따라서 개인적인 성향과 특성을 이미 잘 알고 있는 상태이므로 정확한 평가를 수행할 수 있는 조건이 갖춰져 있다고 볼 수 있다.

평가 내실성의 세 번째 논거로는 참여학생의 범위를 들 수 있다. 내실 있는 평가결과를 위해서는 가능한 많은 학생들이 관찰되고 평가되는 것이 필요하다. 캡스톤디자인 교과목은 모든 학생이 수강하므로 전수 평가를 가능하게 한다. 더구나 심화트랙이 아닌 일반트랙의 학생들도 수강해야 하는 과목이므로 심화트랙과 일반트랙 학생에 대한 비교 분석도 가능하게 한다.

캡스톤디자인 교과목은 또한 전형적인 PBL (Problem-Based Learning) 체제의 교과목으로 학생의 자기 주도적 학습활동이 많이 포함되어 있으며 교수는 이를 충분히 관찰할 기회를 갖게 된다. 이런 관찰이 일년간 지속되고 그에 대한 평가가 졸업시점에 이뤄지게 되므로 장기적인 관찰과 전체 학생에 대한 평가를 가능하게 하므로 내실 있는 결과를 얻을 수 있는 기반을 갖추고 있다.

## V. 결론

공학교육인증제에 부합하는 프로그램 학습성과 평가가 진정한 가치를 지니려면 타당성의 확보와 함께 지속 가능해야 할 것이다. 프로그램 학습성과 평가의 지속가능성은 일선 교육현장의 교수들이 가장 우려하는 부분이기도 하며 평가를 위해 별도의 시간과 노력을 들여야 한다면 그러한 평가 체제는 지속가능하지 않거나 의미 없는 형식적 평가로 변질될 우려가 있다. 캡스톤디자인 교과목을 통한 프로그램 학습성과 평가는 4장에서 언급한 바와 같이 실현가능성, 적절한 비용의 실행 방안, 내실 있는 결과의 도출 등을 모두 갖추고 있어 지속가능한 평가 체제라 할 수 있다. 캡스톤디자인의 지속가능한 조건으로 다음 6가지 요건을 꼽을 수 있다 (조벽, 2006).

- ① 엔지니어링 과정의 강화
- ② 시설지원 및 인력의 투자
- ③ 공학교육인증제와의 연계
- ④ 산업체의 참여



- ⑤ 학생중심의 운영
- ⑥ 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.

### 참고문헌

김복기·박진영 (2008). 프로그램 학습성과 평가방법 연구. 공학교육연구, 11(4): 46-57.

이강우·신연순 (2009). 교육목표와 학습성과 평가를 통한 프로그램 운영 방안에 대한 연구. 공학교육연구, 12(2): 71-82.

조벽 (2006). 지속가능한 설계교육의 사례. 대학기계학회 공학교육 워크샵.

채재은 (2009). 베일에 싸인 대학간 교육력 공개. 교수신문 12월29일.

한국공학교육인증원 (2006). KEC2005 공학인증기준 설명서.

한국공학교육인증원 (2009). KEC2005 인증평가 판정 가이드.

허돈 (2009). 공학교육인증의 학습성과 평가체계의 사례 연구. 공학교육연구, 12(1): 57-63.

한지영 (2009). 공학교육의 프로그램 학습성과 평가를 위한 코스 임베디드 평가의 적용 가능성 고찰. 공학교육연구, 12(3): 96-106.

Deborah Nusche (2008). Assessment of Learning Outcomes in Higher Education: A Comparative Review of Selected Practices. *OECD Education Working Paper No.15*.

Morningside College. (2005). Classroom Assessment and Course-Embedded Assessment - What's the Difference? [<http://www.morningside.edu/academics/research/assessment/documents/Classroomcourseembedded.pdf>].

### 저 자 소 개



#### 이희원 (Lee, Hee Won)

1979년: 서울대학교 기계설계학과 졸업  
 1981년: KAIST 기계공학과 석사  
 1988년: KAIST 기계공학과 박사  
 1984년~현재: 서울과학기술대 기계설계자동화공학부 교수

관심분야: 음향공학, 공학교육평가, PBL교육  
 Phone: 02-970-6328  
 Fax: 02-949-2407  
 E-mail: fireroot@seoultech.ac.kr



#### 김성환 (Kim, Sung Hwan)

1986년: 서울대학교 기계설계학과 학사  
 1988년: 서울대학교 기계설계학과 석사  
 1994년: 서울대학교 기계설계학과 박사  
 1997년~현재: 서울과학기술대학교 기계설계자동화공학부 교수

관심분야: Geometric modeling, Surface modeling, Digital design & manufacturing, 공학교과과정설계, 공학설계교육  
 Phone: 02-970-6344  
 Fax: 02-974-8270  
 E-mail: sunhwan@seoultech.ac.kr



#### 박근 (Park, Keun)

1992년: KAIST 기계공학과 학사  
 1994년: KAIST 기계공학과 석사  
 1999년: KAIST 기계공학과 박사  
 1999-2002년: 삼성전기(주) 선임연구원  
 2002년~현재: 서울과학기술대학교 기계설계자동화공학부 부교수

관심분야: 생산 및 설계공학, CAE  
 Phone: 02-970-6358  
 Fax: 02-974-8270  
 E-mail: kpark@seoultech.ac.kr



#### 김정엽 (Kim, Jung Yup)

1999년: 인하대학교 기계공학과 학사  
 2001년: 인하대학교 기계공학과 석사  
 2006년: KAIST 기계공학과 박사  
 2006년: KAIST 기계공학과 Postdoc.  
 2007년: 카네기멜론대학교 Postdoc.

2008년~현재: 서울과학기술대 기계설계자동화공학부 조교수  
 관심분야: 로봇 공학, 공학 입문 설계, 캡스톤디자인  
 Phone: 02-970-6355  
 Fax: 02-971-7706  
 E-mail: jyk76@seoultech.ac.kr