

캡스톤디자인 교과목의 학습성과 평가체계 개발

김상균^{1*}

¹강원대학교 산업공학과

Development of the Evaluation System for Learning Outcomes of Capstone Design Course

Sangkyun Kim^{1*}

¹Department of Industrial Engineering, Kangwon National University

요 약 본 논문은 공학교육과정에서 사용되는 캡스톤디자인 교과목에 대한 평가체계의 개발 사례를 소개한다. 캡스톤디자인은 대학 과정에서 배운 전문지식을 종합적으로 활용하여, 산업현장의 문제를 분석하고 해결책을 설계하는 교과목이다. 본 논문에서는 캡스톤디자인 교과목과 관련된 기존의 평가 요소, 평가 방법 및 절차를 설명한다. 이를 기반으로 개발된 캡스톤디자인 평가체계를 소개한다. 본 논문에서 제시한 캡스톤디자인 교과목의 학습성과 평가체계는 타 대학의 캡스톤디자인 교과목 운영 시 일부 참고될 수 있으며, 산학이 연계된 교육 및 인턴 프로그램 개발 시 평가체계 설계를 위해서도 사용될 수 있다.

Abstract This paper introduces a case study on the development of the evaluation system for capstone design course which is usually provided at engineering education program. A capstone design is an engineering education course which aims to improve the students' ability on analysis and design of practical industrial problems by use of overall engineering knowledge which has been learned in undergraduate program. Firstly, this paper provides a literature review on evaluation indices and methods related with a capstone design course. Secondly, the evaluation system for learning outcomes of capstone design course is described. The evaluation system for learning outcomes of capstone design course provided in this paper could be referred by other universities opening a capstone design course, and used to design an evaluation system for internship program or education course which is provided as an industry-academic connection program.

Key Words : Capstone Design, Evaluation System, Learning Outcome, Engineering Education

1. 서론

1998년도에 한국공학교육인증원이 설립되고, 2000년대에 들어서 국내외의 여러 공학 교육 프로그램들이 공학 인증을 받기 시작하면서 캡스톤디자인(Capstone design, 종합설계)에 대한 학계와 산업계의 관심이 점차 증대되고 있다. 캡스톤디자인 교과목의 중요성이 강조되는 상황에서 미국에서는 [1]과 같이 119개 기관을 대상으로 한 운영 현황이 조사된 바 있다. 현재 국내외의 여러 공학교육과정에서 캡스톤디자인 교과목이 개설되어 운영되고

있다[1,2].

[3]에서는 캡스톤디자인을 저학년에서 배운 지식과 기술을 기초로 하고 주요 설계경험을 아우르는 교과목으로 정의하고 있다. 또한 [4]에서는 캡스톤디자인에서 다루는 주제가 산업현장에서 요구하는 최신 주제일 것을 권고하고 있다. 즉 캡스톤디자인 교과목을 통해 학습자는 공과대학 교육과정에서 배운 전문지식을 종합적으로 활용하여, 산업현장에서 발생 가능한 문제들을 분석하고 해결책을 설계하는 방법을 학습하게 된다.

본 논문에서는 평가 요소, 평가 방법 및 절차에 대한

*교신저자 : 김상균(saviour@kangwon.ac.kr)

접수일 11년 05월 24일 수정일 (1차 11년 07월 12일, 2차 11년 07월 15일, 3차 11년 07월 18일) 게재확정일 11년 08월 11일

기존연구를 분석하여, 심화프로그램 캡스톤디자인 교과목의 학습성과 평가를 위해 개발하여 운영 중인 평가체계를 소개한다.

2. 기존연구 분석

2.1 평가 요소

[4]에서는 기본적 설계요소로 설계목표 설정, 합성, 분석, 제작, 시험, 평가를 제시하고 있으며, 현실적 제한조건으로 경제, 환경, 사회, 윤리, 미학, 보건 및 안전, 생산성과 내구성, 산업표준 등을 제시하고 있다. [4]에서 제시된 설계요소는 캡스톤디자인의 진행 과정에 대한 평가 요소에 해당되며, 현실적 제한조건은 설계 결과물의 현실적 가치에 대한 평가 요소에 해당된다. 그러나 [4]의 설계요소 및 제한조건은 단계별 중간 산출물과 최종 산출물의 품질과 신뢰성에만 중점을 두는 경향이 크다.

캡스톤디자인이 산업현장에서 발생 가능한 문제에 대한 실질적 해결능력을 배양하기 위한 것이므로 기업들이 갖고 있는 인제상에 대한 요소도 평가에 반영함이 타당하다. [7]에서 기업들은 인재에 대한 주요 기준으로 도전정신과 성취의식, 도덕성과 올바른 가치관, 협동심, 아이디어의 구체화와 현실화 능력, 커뮤니케이션 능력, 글로벌 역량, 혁신 역량, 책임감 등을 뽑았다.

2.2 평가 방법 및 절차

[5,6]에서는 캡스톤디자인에 대한 평가방법을 제시하고 있으나, 캡스톤디자인 교과목의 전체적 운영 절차 및 학점 산정을 위한 기본적인 점수 배정 원칙을 위주로 소개하고 있어서, 학습자가 산출하는 캡스톤디자인 결과물에 대한 평가단계 및 평가자별 평가 항목과 점수 계산 방식을 보완할 필요가 있다.

[1]의 조사를 보면 미국내 대학들은 캡스톤디자인의 평가 도구로써 활용도순으로 구두 발표, 중간 보고서, 최종 보고서, 자체 평가, 동료 평가, 포트폴리오, 포커스 그룹/인터뷰 평가 등을 폭넓게 활용하고 있다.

[8,9]에서는 다면 평가의 중요성과 효과를 설명하고 있으며, [10]에서와 같이 소프트웨어를 통해서 다면 평가를 효과적으로 수행할 수 있다. 다면 평가를 통해 평가의 공정성과 정확성을 높일 수 있으며, 평가대상자의 성과 개선 수준도 높일 수 있다.

3. 평가체계 설계

3.1 평가자 설계

[8-10]에 근거하여 캡스톤디자인에 대해 다면평가를 실시한다. 다면평가에 참여하는 평가자는 캡스톤디자인 지도교수, 캡스톤디자인 비지도교수, 산업체 관계자, 동료로 구성된다. 캡스톤디자인 지도교수는 각 설계팀별로 배정되어, 설계팀을 책임지고 지도하는 교수를 의미한다. 캡스톤 비지도교수는 평가 대상 설계팀의 지도에 참여하지 않은 교수를 의미한다. 산업체 관계자는 설계 산출물에 대한 고객 및 산업계의 입장에서 평가자로 참여한다. 동료는 설계 과정에서의 학생 별 기여도를 세부적으로 가늠하기 위하여 팀내의 팀원들이 상호간 평가자로 참여하며, 팀간 동료도 평가자로 참여한다.

3.2 평가 절차 및 대상 설계

평가절차는 크게 중간 평가 단계, 최종 평가 단계, 평가 완료 단계로 구성된다. 각 단계별 진행절차는 그림 1과 같다. 그림 1의 절차는 [5,6]을 보완하여 진행 과정 및 운영에 대한 평가를 포함하는 것이며, [1]과 같이 시작, 중간, 최종 단계에서 발생하는 다양한 문서상 산출물과 함께 구두발표 및 대면 인터뷰(포스터 발표)를 평가 대상에 포함한다. 최종 단계이전에도 평가가 진행되면 해당 내용을 학습자에게 피드백하여 문제점 개선 및 이후 과정에 대한 학습동기부여의 수단으로 삼도록 하였다. 심화프로그램에서 총 12개의 학습성과(PO: Program Objectives)를 제시하고 있으며, 이 중 캡스톤디자인 교과목은 다음의 네 가지 학습성과 달성을 목표로 하고 있다.

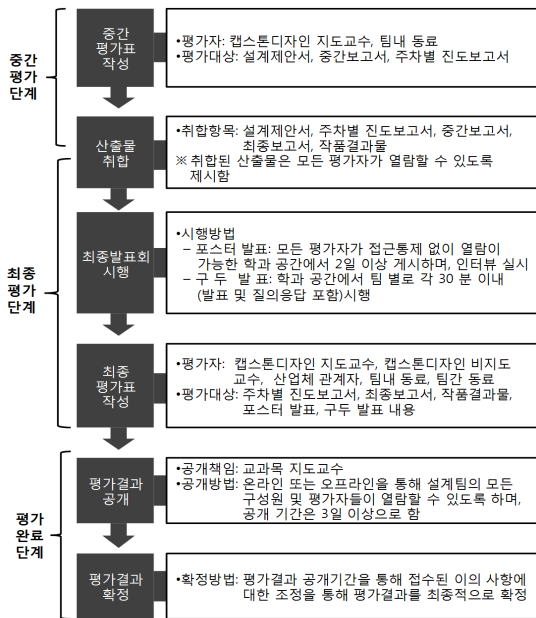
PO-6: 복합 학제적 팀에서 구성원의 역할을 해낼 수 있는 팀웍 능력

PO-9: 거시적 관점에서 공학적 해결방안이 환경과 사회에 미치는 영향에 대한 이해 능력

PO-13: 산업현장의 문제를 분석 하고 해결할 수 있는 능력

PO-14: 선진 시스템 벤치마킹 분석 및 적용 능력

평가 대상별로 평가가 가능한 캡스톤디자인의 보편적 구성 요건, 산업체의 인재관, 교과목의 학습성과는 표 1과 같다.



[그림 1] 캡스톤디자인 평가 절차
[Fig 1] Evaluation process for capstone design

[표 1] 평가 대상별 평가 가능 분야
[Table 1] Evaluation factors for evaluation targets

평가 가능 분야		평가 대상			
		산출물	구두발표	인터뷰	
학습 성과	PO-6	○	○	○	
	PO-9	○	○	○	
	PO-13	○	○		
	PO-14	○	○		
보편적 구성요건 [4]	설계요소	○			
	제한조건	○	○		
산업체 인재관 [7]	도전정신		○	○	
	도덕성		○	○	
	협동심	○		○	
	구체화&현실화	○	○		
	커뮤니케이션	○		○	
	글로벌역량	○		○	
	혁신 역량	○		○	
책임감	○		○		

3.3 평가 요소 및 평가 항목 설계

캡스톤디자인의 진행 과정 및 성과물은 [4]에서 제시한 설계요소와 현실적 제한조건을 고려해야 한다. [7]에서 제시한 산업체가 원하는 현실적 인재상에 부합되는

능력의 함양 수준도 캡스톤디자인에 대한 평가를 통해 파악할 수 있어야 한다. 또한 캡스톤디자인 교과목의 학습성과 달성 수준도 기본적으로 평가되어야 한다. 이렇듯 캡스톤디자인의 진행 과정 및 성과물에 대한 평가 요소는 캡스톤디자인의 보편적 구성 요건, 산업체의 인재관, 교과목의 학습성과 달성 등을 모두 만족해야 한다. 표 2는 이들 간의 상관관계를 설명한다. 표 2에서 제시한 내용을 평가 요소로 삼아서 개별 평가자가 평가해야할 항목들을 설계하였다. 평가자별 평가표는 가중치가산방식으로 설계되었다.

[표 2] 학습성과와 캡스톤디자인의 보편적 구성 요건, 산업체 인재관의 관계

[Table 2] Relation between learning outcomes and general requirements of capstone design, industrial perception on the right peoples

외부적 요구		학습성과	PO-6	PO-9	PO-13	PO-14
		설계요소				
보편적 구성요건 [4]	설계요소				○	○
	제한조건			○	○	
산업체 인재관	도전정신	○				○
	도덕성	○	○			
	협동심	○				
	구체화&현실화				○	
	커뮤니케이션	○				
	글로벌역량					○
	혁신 역량				○	○
책임감	○	○				

캡스톤디자인 지도교수의 평가 항목은 표 3과 같다. 평가 항목의 설계에는 [11]과 인디애나대학교, 퍼듀대학교의 캡스톤 디자인 평가 항목들이 참조되었다. 실제 평가표의 설문 항목에는 “안전, 환경, 윤리적 요인 및 사회적 요인들을 종합적으로 고려하고 있는가? 경제성과 미학을 종합적으로 고려하고 있는가? 설계 산출물에 대한 발표에서 공학적 전문성이 잘 드러나고 있는가?”와 같은 문항들이 존재하며, 예로 제시한 문항들은 각각 순서대로 1:1:2의 비율로 합산 시 반영된다.

팀내 동료간 평가 항목은 중간 및 최종 단계에서 동일하게 표 4와 같다. 학습성과 중 9, 13, 14번과 [4]에서 제시한 보편적 요구사항은 팀내 동료간 평가를 통해서만 판단하지 않는다.

[표 3] 평가 항목: 캡스톤디자인 지도교수

[Table 3] Evaluation factors: professor in charge of capstone design

평가 항목	평가 요소	학습성과			보편적 요구 사항	산업체 인재관									
		PO-6	PO-9	PO-13		설계 요소	현실적 제한조건	도전정신	도덕성	협동심	구체화 & 현실화	커뮤니케이션	글로벌역량	혁신역량	책임감
중간 및 최종	설계주제 이해도		○	○											
	창의력과 독창성		○	○	○	○				○					○
	역할 분담의 적절성	○							○	○					○
	의사소통 원활	○				○				○					
	설계 일정 준수도	○				○				○					○
	문제해결에 대한 능동성	○		○		○	○			○				○	○
	다양한 공학 기법 적용			○						○					
	선진사례 및 문헌 활용			○	○					○				○	○
최종	공학 전문성			○	○					○				○	
	산업적 가치		○	○	○					○				○	

[표 4] 평가 항목: 팀내 동료

[Table 4] Evaluation factors: peers in same team

평가 항목	평가 요소	학습성과			보편적 요구 사항	산업체 인재관									
		PO-6	PO-9	PO-13		설계 요소	현실적 제한조건	도전정신	도덕성	협동심	구체화 & 현실화	커뮤니케이션	글로벌역량	혁신역량	책임감
팀모임 참석	○														○
업무에 대한 책임	○							○							○
팀원에 대한 예의	○							○	○						○
팀워크 향상 노력	○							○							○
의견개진의 적극성	○							○							○

캡스톤디자인 비지도교수와 산업체 관계자의 평가 항목은 표 5와 같다.

[표 5] 평가 항목: 비지도교수 & 산업체 전문가

[Table 5] Evaluation factors: professor not in charge of design and industry expert

평가 항목	평가 요소	학습성과			보편적 요구 사항	산업체 인재관									
		PO-6	PO-9	PO-13		설계 요소	현실적 제한조건	도전정신	도덕성	협동심	구체화 & 현실화	커뮤니케이션	글로벌역량	혁신역량	책임감
설계주제 이해도		○		○											
창의력과 독창성		○	○		○	○					○				○
다양한 공학 기법 적용		○		○		○					○				
선진사례 및 문헌 활용				○	○				○		○		○	○	
사회, 경제 요인 고려		○							○		○		○		○
공학 전문성			○	○		○					○			○	
산업적 가치		○		○		○					○		○		

[표 6] 평가 항목: 다른 팀(팀간)

[Table 6] Evaluation factors: other teams

평가 항목	평가 요소	학습성과			보편적 요구 사항	산업체 인재관									
		PO-6	PO-9	PO-13		설계 요소	현실적 제한조건	도전정신	도덕성	협동심	구체화 & 현실화	커뮤니케이션	글로벌역량	혁신역량	책임감
기여의 균등성	○									○	○				○
팀 워크	○									○	○				○
일정 준수	○	○									○				○
창의력과 독창성			○	○		○	○				○				○
다양한 공학 기법 적용			○			○					○				
선진사례 및 문헌 활용				○	○					○			○	○	
사회, 경제 요인 고려		○								○			○		○
산업적 가치		○		○		○					○		○		

캡스톤디자인 비지도교수와 산업체 관계자는 교과목 진행과정의 현실적 제한여건상 최종 단계에서만 평가에 개입할 수 있다. 따라서 진행 과정에 대한 관찰 및 분석을 통해서만 평가가 가능한 학습성과 6번과 산업체 인재관 중 협동심에 대해서는 평가에서 배제한다.

팀간 동료 평가를 위한 다른 팀간의 평가 항목은 표 6과 같다. 팀간 동료는 지도교수가 파악하지 못하는 다른 팀 동료들간의 내부적 문제점이나 진행과정에 대해서도 일부 파악할 수 있다는 이점이 있으며, 캡스톤디자인 수행과정을 통해서 학습성과, 보편적 요구사항, 산업체 인재관을 일정 수준 이상 이해할 수 있다.

3.4 평가 점수 산출

평가점수는 가중치가산방식으로 수식 (1)과 같이 계산한다.

$$T = \sum_{i=1}^2 IW_i IS_i + \sum_{i=1}^5 FW_i FS_i \quad (1)$$

수식 (1)과 관련된 변수는 표 7과 같이 정의된다. 평가표는 크게 T의 산출을 위한 평가결과 합산표와 IS, FS의 산출을 위한 평가자별 평가표로 구성된다.

[표 7] 평가점수 합산을 위한 변수
[Table 7] Variables for summarization of evaluation results

설명 변수	단계	의미
T	완료	• 최종 평가 점수
IWi	중간 평가	• 중간평가 단계의 평가자별 가중치 • 지도교수 0.4, 팀내 동료 0.5 • 주기적으로 보정
ISi		• 중간평가 단계의 평가자별 점수 • 평가자: 캡스톤디자인 지도교수, 팀내 동료
FWi	최종 평가	• 최종평가 단계의 평가자별 가중치 • 지도교수 0.15, 비지도교수 0.15, 산업체 0.15, 팀내동료 0.05 • 주기적으로 보정
FSi		• 최종평가 단계의 평가자별 점수 • 평가자: 캡스톤디자인 지도교수, 캡스톤디자인 비지도교수, 산업체 관계자, 팀내 동료, 다른 팀(팀간)

평가단계 및 평가자별 가중치는 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법으로 산출하였다. 중간평가와 최종평가는 각각 0.45, 0.55의 가중치를 갖는다. 평가자별 평가표는 크

게 중간 평가표와 최종 평가표로 구성된다. 평가표에는 평가자별 평가요소의 측정을 위한 평가 문항이 제공되며, 문항별로 가중치가 존재하여, 이를 가중치가산 방식으로 계산하여 평가요소별 점수를 산출한다.

3.5 평가 체계에 대한 검증

평가 체계에 대한 검증방법으로는 평가 항목에 대한 통계적 신뢰성 검증 및 [12]의 연구에서와 같은 기능성과 사용성에 대한 정성적 전문가 고찰이 있는데, 본 연구에서는 [12]에서의 방법을 사용한다. 기능성에 대해서는 산학자문 위원회 소속의 산업체 전문가를 대상으로 평가 체계 없이 주관적인 경험에 의한 판단으로 설계 산출물들에 대한 우열을 가려보도록 유도하여, 이를 본 평가체계를 통해 산출된 평가결과와 비교해보았다. 총 다섯 개의 산출물이 샘플로 사용되었으며, 본 평가 체계를 통한 우열의 순위와 산업체 전문가들의 주관적 판단에 따른 순위가 동일하여, 본 평가 체계가 산업체 전문가의 평가 기능을 대신할 수 있음을 의미한다. 사용성 측면에서는 본 평가 체계의 평가 절차와 평가 항목이 검토되었다. 평가 절차는 소요되는 시간과 투입되는 인력의 규모를 볼 때 전반적으로 효율적인 것으로 평가되었다. 다만 팀간 평가 및 팀내 동료 평가 시 배정된 가중치에 비하여 평가자 수가 크게 증가하는 점은 운영 효율을 저하할 수 있는 문제점으로 지적되었다. 평가 항목은 세 가지 평가 대상인 산출물, 구두발표, 인터뷰를 통해 충분히 측정될 수 있는 것으로 평가되었다. 다만, 평가 단계별 가중치에 있어 산업체 전문가들은 중간평가의 가중치가 높다는 의견도 있었다. 이는 최종 결과를 중시하는 기업체의 입장과 진행 경과를 중시하는 대학교육의 평가 관점 차이에서 기인한 것으로 유추된다.

4. 결론

본 논문에서는 공학교육과정에서 널리 활용되고 있는 캡스톤디자인 교과목에 대한 평가체계 개발 사례를 제시하였다. 본 논문에서 제시한 캡스톤디자인 교과목의 학습성과 평가체계는 타 대학의 캡스톤디자인 교과목 운영 시 일부 참고될 수 있으며, 산학이 연계된 교육 및 인턴 프로그램 개발 시 평가체계 설계를 위해서도 사용될 수 있다.

그러나 본 논문에서 제시한 평가 체계는 다음과 같은 한계성이 있다. 첫째, 본 평가 체계를 통해 평가된 항목별 점수를 통해 학습성과 요소별, 보편적 요구사항 요소별,

산업체 인재관 요소별 달성수준 또는 만족도를 평가할 수 있으나, 다면 평가를 통해 산출되고 종합된 점수와 실질적인 달성수준 또는 만족도와의 편차를 가늠할 수 없다. 즉, 본 평가 체계를 통해 산업체 인재관 요소에서 높은 점수를 획득한 학습자가 실제 산업 현장에서 우수한 인재의 역할을 해낼 수 있는가에 대해서는 장담하기 어렵다. 둘째, 정성적인 형태의 상대평가 특성과 제한적인 평가자수로 인하여 주관적 평가 오류 및 평가자별 평정 불일치에 대한 통제가 어렵다.

향후에는 다음과 같은 연구를 통해 본 논문의 한계성을 보완하고, 그 활용성을 높일 수 있다. 첫째, 종단 연구(longitudinal study)를 통해 본 평가 체계를 통해 산출된 산업체 인재관 요소별 점수가 실제 기업 현장에서 이루어지는 인재에 대한 평가와 유의미한 상관성이 존재하는가를 분석해야 한다. 다만, 이를 위해서는 학습자가 실제 기업 현장에서 근무하면서 팀단위 과업의 팀원역할 뿐만 아니라 책임자의 역할도 수행할 수 있는 단계가 되어야 하므로, 졸업 후 최소 3년에서 5년 사이가 경과된 이후에 수행하는 과업에 대한 평가와 캡스톤디자인 과정에서 평가된 인재관의 요소가 비교되어야 할 것이다. 둘째, 평가자와 평가 대상을 보다 다면화하고, 평가 대상에 대한 평가 방법에 절대적, 경제적 가치 평가를 반영하는 방법이 연구되어야 한다. 셋째, 평정불일치에 대한 해소를 위하여 평가자별 평가결과에 대한 일관성을 검증하여, 일관성이 낮은 평가결과를 배제하는 과정이 체계화되어 포함되어야 한다.

References

[1] McKenzie, L.J., Trevisan, M.S., Davis, D.C. and Beyerlein, S.W., "Capstone design courses and assessment: a national study", Proceedings of the 2004 American Society of Engineering Education Annual Conference & Exposition, 2004.

[2] Hwang, P., "Capstone design: a future of engineering education", Digital Times, 2010.7.22.

[3] ABEEK, KEC2005, ABEEK, 2010.

[4] ABEEK, An Introduction to KEC2005, ABEEK, 2010.

[5] Gesink, J. and Mousavinezhad, S.H., "An ECE capstone design experience", 2003 American Society for Engineering Education Conference Proceedings, 2003.

[6] Quadrato, C. and Welch, R.W., "Grading capstone design: on time and on target", 2003 American Society for Engineering Education Conference Proceedings, 2003.

[7] Kang, S.J. and Ko, Y.K., The Right People for the Company, Federation of Korean Industries, 2008.

[8] Hazucha, J.F., Hezlett, S.A. and Schneider, R.J., "The impact of 360-degree feedback on management skills development", Human Resource Management, Vol.32, No.2/3, pp. 325-351, 1993.

[9] Walker, A. and Smither, J., "A five-year study of upward feedback: what managers do with their results matters", Personnel Psychology, Vol.52, No.2, pp. 393-423, 1999.

[10] Venkataramanujam, V. and Larochele, P., "Panther peer: a web-based tool for peer evaluation", Proceeding of 2010 Florida Conference on Recent Advances in Robotics, 2010.

[11] Yoo, S.K., Education Objective & Evaluation of Learning Outcomes, ICEE of Ajou University, 2008.

[12] Kim, S. and Lee, H.J., "A study on decision consolidation methods using analytic models for security systems", Computers & Security, Vol.26, No.2, pp. 145-153, 2007.

김 상 균(Sangkyun Kim)

[정회원]



- 1998년 8월 : 연세대학교 산업공학 (공학석사)
- 2005년 2월 : 연세대학교 산업공학 (공학박사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 산업공학과 부교수

<관심분야>

창의적혁신, 위험관리, 서비스 & 비즈니스모델 개발