

산업체 현장실습과 연계된 문제중심의 CAD/CAM 교육과정 운영

글 _ 노상도 _ 상관대학교 시스템경영공학과 _ sdnoh@skku.edu

1. 서론

CAD/CAM 분야의 교육은 기본 개념과 관련 이론에 대한 강의와 소프트웨어 사용법을 비롯한 기능 훈련 위주의 전통적인 모습에서 지속적으로 발전하여 왔으며, 일부 과목에서는 소프트웨어 개발과 프로그래밍 능력 배양이 강조되어 왔다. 근래에는 보다 실제적인, 자주적 문제해결 능력을 가진 인력을 요구하고 있는 산업체의 필요에 따라 현업과 결합된 실무 능력 배양이 강조되고 있는 상황으로, 제품개발 및 제조 프로세스 전반에 걸친 디지털 기술의 적용 확대에 인하여 각종 해석, 시뮬레이션, 정보 관리와 시스템 통합 등 다양한 분야에 대한 기본 개념과 이론의 이해와 실무 능력 보유가 요구되고 있다.¹⁾ 또한 엔지니어뿐만 아니라 경영진, 고객, 협력사와의 공동 의사결정과 업무 수행이 강조되고 있는 바, 이른바 협업을 위한 소양 교육의 필요성이 크게 대두되고 있다. 특히 주목할만한 것은 자주적인 문제해결 능력에 대한 요구인데, 주어진 상황에 맞는 최선의 해결책을 항상 찾아내야만 하는 엔지니어로서 기본적으로 갖춰야하는 필수 덕목임은 의심의 여지가 없는 것이다.

본고에서는 이러한 산업계의 요구를 충족시킬 수 있는 방안 중 하나로서, 문제중심학습(PBL; Problem-Based Learning)으로 운영되는, 현장실습과 연계된 CAD 교과목 개발 및 운영 사례를 소개하고자 한다.

2. 문제중심의 학습 과정과 현장실습

근래에 사회적으로 대두되고 있는 새로운 교육 패러다임의 주요 골자는 '학습자 중심의 자기 주도 학습(self-directed learning)'이라고 할 수 있다. 이는 학생이 스스로의 노력으로 주어진 시간과 환경을 최대한 활용하여 지식, 정보, 기술을 획득하고, 발전시켜 나아가도록 하는 교육 방법이다. 이 방법 하에서 학생은 가능한 한 자신이 경험하는 학습에 대한 주도권을 갖고, 주어진 학습상황에서 최선의 노력으로 최고의 결과를 얻고자 자기 스스로에게 도전하고, 자기 자신을 경영하며, 스스로 평가하게 된다.^{2,3)} 이와 같은 자기 주도 학습을 실현하기 위한 다양한 학습방법들 가운데 한 가지가 문제중심학습(PBL)이다. 문제중심학습은 기본적으로 학생들의 수업에 대한 자발적 참여와 협동학습을 강조하고, 이를 통해 과학적 사고능력과 지식의 확장을 얻게 되며, 학생들의 응용력, 비판적 지식창출 능력, 창의적 문제해결 능력 등을 향상시키게 된다. 즉, 교과지식보다 실제적인 문제와 관련된 지식을 조직하려는 교육전략으로서 학습과제를 해결해 나가는데 있어서 교강사의 지시나 강의를 최소화하고 학생의 사고를 중심으로 하는 과제 발표와 토의를 통하여 학생 스스로 개념, 이론이나 해결책을 구성하고 발전해나가기도록 진행되는 수업이다.⁴⁾ 일반적으로 이러한 자율학습 방법을 통하여 관련 이론 지식의 이

해도를 크게 높일 수 있을 뿐만 아니라 창의성을 높여 과학적이면서 독창적인 엔지니어로서의 자질을 함양할 수 있으며, 팀 활동을 통해 협력과 공유라는 가치를 체득하는 것이 가능하게 된다.”

CAD/CAM 교육에서는 수업내용의 이해도와 응용 능력을 확인하고 평가하는 기존의 텀 프로젝트(term project)에 대해, 문제해결을 통한 ‘학습’의 과정을 보다 강조하고, 문제 해결의 과정을 수업 내부로 가지고 오는 방향을 취함으로써 비교적 용이하게 적용할 수 있으며, 수업과 실습 시간에 다루는 각종 이론과 내용을 가지고 실제의 현업의 문제를 해결하는 ‘학습자 중심의 자기 주도 학습’을 진행함으로써 현업에서 요구하는 실제적인 문제해결 능력을 함양하는 것이 가능한 것으로 생각된다. 그러나 이러한 방식으로 과목을 운영하기 위해서 가장 어려운 부분 중 하나는 실제 현업의 문제를 어떻게 확보하고, 또 그 해결 결과에 대한 피드백을 어떻게 받을 것인가 하는 것이라고 할 수 있다. 산업체는 교육기관이 아니므로 교육을 위해 시간과 비용을 투자하는 것을 손실로 생각하는 것이 사실이며, 사용하는 자료와 데이터의 보안 문제도 큰 걸림돌로 작용하고 있다. 결국 현업의 문제를 중심으로 문제중심 교과 과정을 운영하기 위해서는, 대학뿐만 아니라 기업에도 이득이 되는 방법을 찾는 것이 필수적이다.

본고에서는 대부분의 대학들에서 이미 운영하고 있는 ‘현장실습’ 과목을 문제중심으로 운영하고, 이를 연계 운영함으로써 이러한 문제를 해결하는 한 가지 방안을 제시하고자한다. 즉, 대학과 산업체의 협약을 바탕으로 진행되는 문제중심의 현장실습을 통하여 산업체에서 진행되는 설계업무에 학생들이 직접 참여하고, 여기에서 당면하는 문제들을 수업시간에 배운 여러 가지 이론과 실기를 가지고 해결함으로써 실제적인 문제에 대한 해결 능력을 함양하는 것이다. 물론 이러한 방안이 실현되기 위해서는 대학, 산업체, 교수,

학생에 대해 다음과 같은 몇 가지 조건이 선결되어야 할 것이다.⁹⁾

산업체

- 신뢰를 바탕으로 한 대학과의 상호 협력 관계
- 경영진뿐만 아니라 실무자들의 관심, 이해와 기대
- 참여하는 학생들에 대한 강력한 지원(실습비, 취업 추천서 등)

대학

- 참여하는 학생들에 대한 강력한 지원(학점 등)
- 산업체의 환경(소프트웨어 등)과 대학의 교육 환경의 일치

교수

- 실제 문제 해결 능력을 배양할 수 있도록 문제중심으로 강의 운영
- 문제 발굴, 해결, 해결 결과의 신뢰성 보장 등 전 과정에서 밀착된 지원
- 산업 현장에서의 안전, 대인 관계, 예절 등에 대한 추가 교육

학생

- 실제 문제를 해결할 수 있는 높은 수준의 실무 능력 보유
- 강한 의지와 노력, 높은 성취동기

3. 생산 DMU

본고에서는 학교에서 진행하는 CAD/CAM 교과목과 기업에서 진행하는 현장실습을 문제중심으로 연계하기 위한 고리로서 생산 DMU(Digital Mock-Up)를 적용하였다. DMU는 ‘컴퓨터상에서 제품을 설계하고, 이를 바탕으로 실물모형과 같은 수준의 엔지니어링 수행이 가능한 컴퓨터 모형을 제작 활용하는 것’으로, 대

량 생산 이전에 신제품 구성요소들의 기능, 형태 등을 평가하기 위한 수단으로 시제품을 대신하고 있다.⁶⁾ 즉, 컴퓨터모델로 표현된 각 부품들을 가상공간에서 조립함으로써 부품간의 간섭, 조립 시의 조립 경로 등을 검증, 최적화할 수 있게 하는 것이 주요한 목적이며, 각각의 부품들이 CAD시스템을 사용하여 3차원의 입체 형상(solid) 모델로 설계되어 있을 때 이들을 컴퓨터상에서 가상적으로 구성한 조립체를 의미한다. 그리고 이를 이용하여 제품 형상 데이터를 기초로 하여 부품간의 간섭검사, 조립검토 등의 작업을 할 수 있고, 가상 시제품(virtual prototyping)의 개념으로 제품의 형상 뿐 아니라 기능까지도 검토할 수 있는 데이터를 의미한다.⁶⁾ 일반적으로 DMU는 주로 개념 설계, 설계 검증 등을 위해 적용되고 있으며, 생산에서는 부분적으로 적용되고 있는 실정이다. 생산에 관련된 목적으로 사용되는 DMU를 생산 DMU로 부른다면, 생산 DMU는 제품 개발 및 제조 전반에서 이용될 수 있으며, 특히, 부품, 제품에 대한 생산 시 분체점 사전 검토, 혼합 생산방식에 대한 대응, 부품의 크기, 중량에 따른 작업성, 물류 문제 검토 등에 대해 적용할 필요성이 매우 높다. 또한 생산 DMU를 통한 정확하고 검증된 장비와 설비 확인을 통해서 추가적인 개조나 현장 맞춤을 최소화하며, 궁극적으로 총체적인 시물레이션을 수행할 수 있는 실제 작업장과 같은 디지털 공장(digital factory)을 구성하는 기본 모델을 구축할 수 있다. 생산 DMU의 일반적인 목적은 다음과 같으며, 그림 1은 생산 DMU의 적용 예를 보여준다.

- 장비, 설비의 개념, 설계에 대한 신뢰성 있는 사전 검증
- 시제품, 시험 생산 횟수 및 기간 단축
- 3차원 CAD 모델의 용이한 검색 및 관리
- 작업장에 대한 데이터 확보 및 가시화
- 현장 작업자들의 작업, 위험 및 난이도 검토와 교육 훈련 자료로 활용

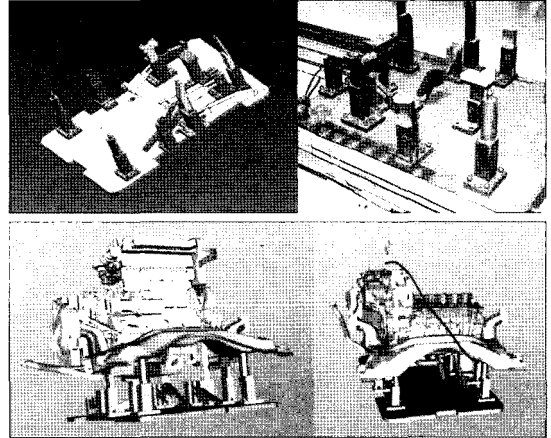


그림 1. 생산 DMU의 적용 예

- PLM(Product Lifecycle Management)의 기본 데이터 확보
- 협력 업체, 고객 등과의 원활한 협업 수행, 커뮤니케이션

4. ‘CAD/디지털생산 및 실습’, ‘시스템경영공학 현장실습’ 교과목 개발 및 운영 사례

성균관대학교 시스템경영공학과(구 산업공학과)에서는 제품개발과 제조 프로세스의 다양한 분야에 대한 이해와 응용력 함양에 대한 산업체의 요구에 부응하고, 문제중심의 자기주도형 학습을 실현하기 위하여 기존의 CAD과목을 ‘CAD/디지털생산 및 실습’으로 새로 구성하여 가을학기에 개설하고, 가을학기 수강 후 겨울방학 중 산업체 현장실습을 통하여 산업체의 실제적인 문제 해결을 진행하는 연계 교과목으로 ‘시스템경영공학 현장실습’을 개설, 운영하고 있다.

‘CAD/디지털생산 및 실습’ 과목은 주당 강의 3시간, 실습 2시간을 진행하는데, 강의 내용과 구성은 표 1과 같다. 산업공학의 교육 목표에 부합되도록 제품개발 및 제조 프로세스에 대해 설명하고, CAD, CAE, CAPP, CAM 등의 요소 기술과 함께 디지털 가상생

표 1. 'CAD/디지털생산 및 실습' 강의 내용 및 일정

주차	내용	실습	퀴즈
1	강의소개, 제조업의 중요성과 업무 프로세스		
2	CAD, 디지털 가상생산과 PLM, introduction		
3	디지털 가상생산과 PLM	1 st	1 st
4	1 st PBL(팀 단위 문제 해결 수업 1)	2 nd	
5	제품 설계와 CAD	3 rd	
6	제품 설계와 CAD	4 th	2 nd
7	2 nd PBL(팀 단위 문제 해결 수업 2, 결과 발표회)	5 th	
8	중간고사		
9	제품 개발 및 제조 프로세스와 협업	6 th	
10	해석과 CAE	7 th	
11	공정계획(CAPP)과 제조공정관리(MPM)	8 th	3 rd
12	3 rd PBL(팀 단위 문제 해결 수업 3)	9 th	
13	레이아웃, 설비/물류 계획과 디지털 가상생산 시뮬레이션	10 th	
14	생산계획 및 실행과 PLM	4 th	
15	4 th PBL(팀 단위 문제 해결 수업 4, 결과 발표회)		
16	기말고사		

*이론강의 8회 24시간, PBL 4회 12시간, 실습 10회 20시간 진행



그림 2. 다양한 문제중심 수업 진행 과정

산(Digital Virtual Manufacturing), MPM(Manufacturing Process Management), PDM(Product Data Management), PLM 등 전사적인 업무 통합과 시스템을 다룬다. 실습은 강의시간과 별도로 진행하며, UGS PLM Solution사의 *Unigraphics NX*를 이용한 솔리드 모델링 10시간, VisMockup을 이용한 DMU 2시간, Delmia사의 *QUEST*를 이용한 생산시스템 시뮬레이션 및 분석을 8시간 진행한다. 특히, 총 4번의 문제중심(PBL) 수업을 진행하는 데, 제품 설계에 대한 설계에 대해 2회(개념설계, 상세 설계 및 검토), 공장 설계에 대해 2회(레이아웃 개념설계, 시뮬레이션 및 검토)를 진행한다. 이 시간은 5, 6명씩 구성된 팀 단위로 각각 별도로 진행하며, 해결될 문제(요구 사항, spec. 등)가 주어지고 팀 활동을 통하여 문제를 해결하는

과정을 스스로 진행하도록 한다. 평가는 PBL 평가(30%), 시험(중간/기말 시험, 40%), 실습(20%), 퀴즈(총 4회, 10%)로 진행하며, 퀴즈에서는 수업시간에 강의한 내용에 대한 확인을, 중간/기말고사는 종합적 사고와 응용력이 요구되는 문제를 가지고 take-home 방식으로 진행한다.

문제중심 수업 진행 시 각 강의실마다 튜터가 있으나, 이들은 학생들의 문제 해결 과정에는 전혀 개입하지 않는다. 튜터는 주로 유사한 기업 문제 해결 경험이 풍부한 대학원생들이 맡으며, 그 역할은 PBL 진행 규칙, 평가 등에 대한 안내와 학습과정에서 발생하는 갈등의 해결, 문제 이해 지원 등에 대한 조인이다. 2차, 4차 PBL은 해당 문제에 대한 해결 결과에 대한 팀 발표회를 같이 진행하며 이때에는 기업체, 소프트

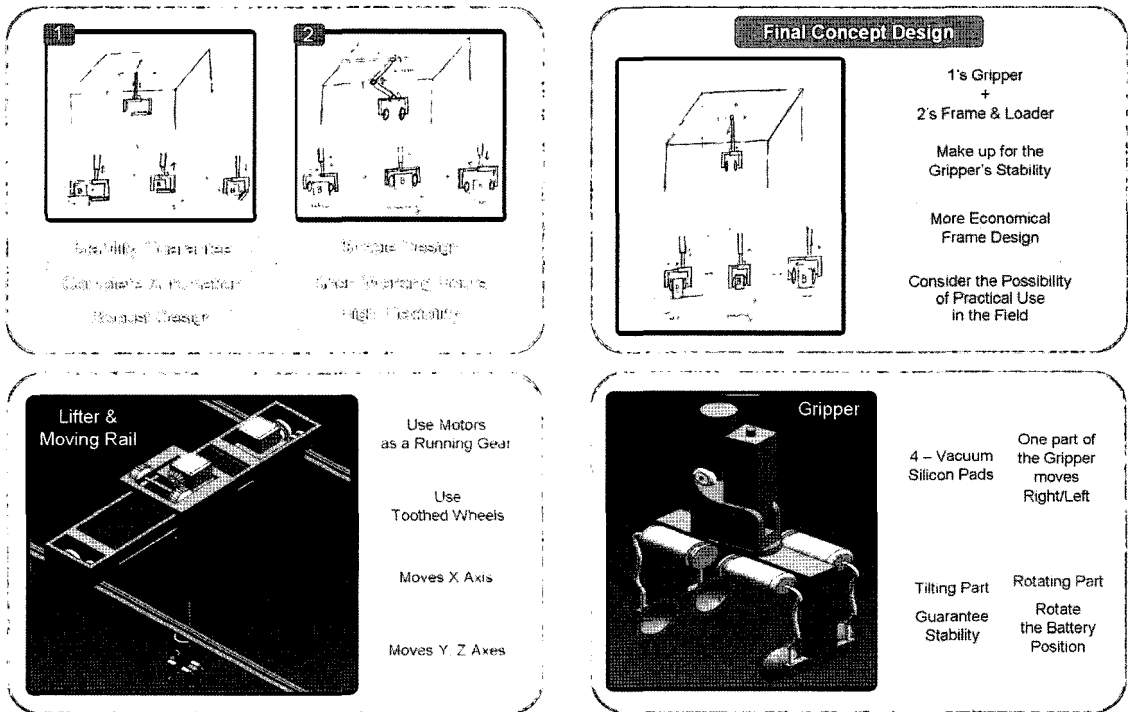
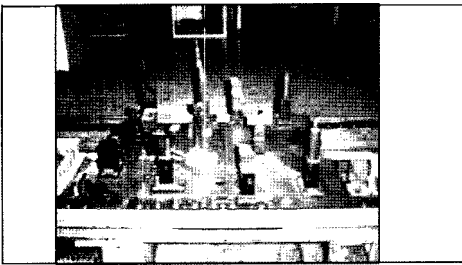


그림 3. 문제중심 수업 결과물(운반 장비의 개념설계, 최종 CAD/DMU 모델)

M/E NAME : Engine Mounting Pallet 제조(V)

관리번호 : BP2 - ME - 4



구분	제조	산적
설치 위치	부평 조립 2공장 C-Line Merry Go Round	
설치일	2005-04-30	
M/E 용도	Engine의 Conveyor 이송을 위한 Engine Support	
비고	Engine Mounting Pallet 2D 도면 확보 2D 도면 제조 설치 이전 도면 최종 형태와 다른 (I리서 형태)의 설계 수정 필요	
담당자	GMDAT	유한동(조립생기) SKKU 김건연

- DMU 목적**
- 1 V200의 Front Suspension 및 Engine Attach의 Visualization
 - 2 신차종(V250)의 투입시 기존 Attach의 공용화 및 수정보완
 - 3 V250 Engine Mounting Pallet의 기초 개념 설계
 - 4 협력업체로 명확한 Pallet 제조방안 전달할 수 있는 Data 확보
 - 5 현장직업자의 작업환경을 검토할 수 있는 DMU확보

- 중점 부분**
1. Engine, Front Suspension, Transmission과 접촉되는 Attach 형상
 2. Engine, Transmission의 Attach로 Support불가능 부분 파악 및 Support 예상 위치 파악
 3. 투입될 신차종들의 Option에 따른 Engine 및 Transmission 파악 및 Support 가능 위치 파악 및 분류

- 모델링 범위**
1. 기본 도면 바탕으로 2D의 3D CAD구현
 - Pallet Base
 - Attach
 2. 신차종 적용 Pallet의 기본 형상 구현
 3. 신차종 Engine, Transmission의 Support가능한 부분에 대한 Attach 형상

- 예상 문제점**
1. 신차종 Engine, Transmission, Front Suspension 3D Data확보
 2. 제조 설치된 Pallet의 실 측정시 오차 발생으로 인한 오류
 3. Engine, Transmission의 Option에 따른 종류파악 및 분류
 4. 신차종 Option에 Support위치 파악 후 해결한 도출시 Support하는 Attach간 중첩발생 해결 방안

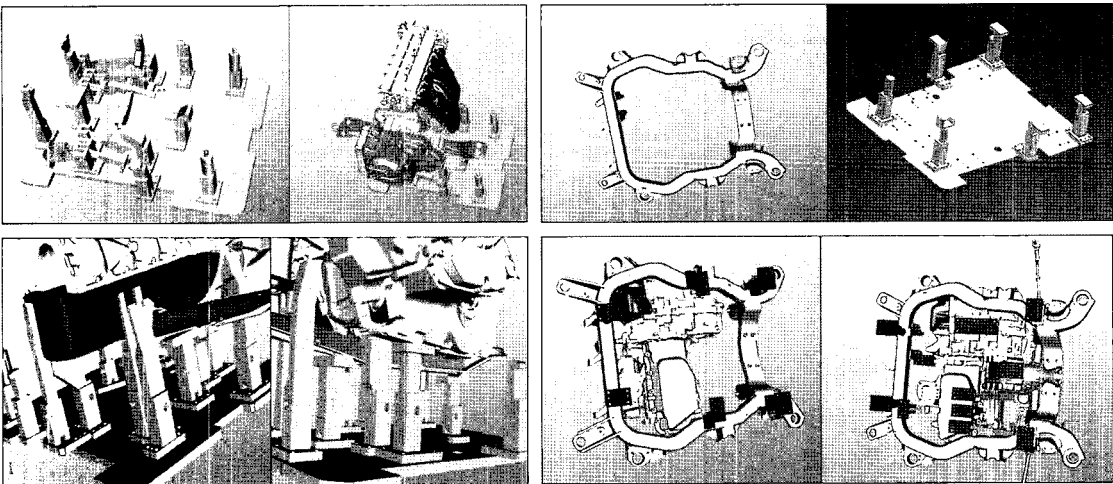


그림 4. 문제중심 현장실습 결과물(문제 정의 문서, CAD/DMU 모델)

표 2. '시스템경영공학 현장실습' 내용 및 일정

주차	내용
1(8시간)	- DMU 소프트웨어 교육 - 산업 안전과 예절
2(40시간)	- 공장 견학 및 소개, 팀 구성 - 아이템(1) 파악, 개요 문서 작성
3(40시간)	- 아이템(1) 모델링
4(40시간)	- 아이템(1) 1차, 2차 review 및 모델 수정
5(40시간)	- 아이템(1) 도면 출도 - 아이템(1) 완료 보고서 작성 및 발표
6(40시간)	- 아이템(2) 파악, 개요 문서 작성 - 아이템(2) 모델링
7(40시간)	- 아이템(2) 1차, 2차 review 및 모델 수정
8(40시간)	- 아이템(2) 도면 출도 - 아이템(2) 완료 보고서 작성 및 발표

*이론 강의 2회 8시간, 문제중심 현장실습 7주간 총 280시간 진행

웨어 벤더 등 산업체 전문가들이 직접 평가하고, 시상한다. 참고로 올해에는 GM대우자동차의 설계, 생산 분야의 전문가 5명과 UGS PLM Solution사의 전문가 1명이 평가자로서 참여하고, 발표회 후 간담회를 통하여 학생들과 현장의 소중한 경험을 나누었다. 산업체 전문가들의 평가, 시상은 GM, EDS, SUN, UGS 등의 국제적인 대학 지원 프로그램인 PACE(Partners for Advancement of Collaborative Engineering Education)의 지원으로 이루어지고 있다. 그림 2와 그림 3은 올해 진행한 문제중심(PBL) 수업 광경과 결과물의 예이다.

제품 개발 및 제조 업무 프로세스에 대한 이해와 PBL 활동을 통해 다져진 창의적이고 자주적인 문제해결 능력을 바탕으로, 방학 중 이루어지는 문제중심의 현장실습을 통하여 학생들은 실제 현업의 문제들을 해결하는 경험을 얻게 된다. 표 2는 방학 중 이루어지는 문제중심의 현장실습의 내용과 일정이다. 학생들은 학기 중의 PBL 수업 때와 마찬가지로

지로 3, 4명씩 팀을 구성하고, 각 팀이 협업의 문제를 직접 해결하게 된다. 각 팀에는 주로 대학원생으로 구성되는 튜터와 산업체의 전문가가 추가되어 총 5, 6명이 한 팀을 구성하게 된다. 현장실습은 총 8주간 이루어지며, 보통 2개 정도의 실제 문제 해결을 진행하게 된다. 2004년에는 총 28명의 학부 학생들이 GM대우자동차 최종조립공장의 생산 DMU 업무를 대상으로 문제중심의 현장실습에 참여하였으며, 이번 겨울에도 계속 진행할 예정이다. 그림 4는 2004년도에 학부 학생들이 문제중심의 현장실습에 참여하여 해결한 생산 DMU 모델의 예를 보여준다.

5. 결 언

본고에서는 근래에 강하게 대두되고 있는 산업계의 요구인 자주적 문제해결 능력, 현업과 결합된 실무 능력, 다양한 업무에 대한 이해와 응용 능력을 충족시킬 수 있는 CAD/CAM 교육 방안 중 하나로서, 문제중심학습(PBL)으로 운영되고 현장실습과 연계되는 CAD 교과목 개발 및 운영 사례를 소개하였다. 이러한 자기주도형 학습 방법의 적용을 통하여 CAD/CAM 이론 지식에 대한 이해도와 실기 능력을 크게 높일 수 있을 뿐만 아니라, 학생들이 가지고 있는 각자의 창의성과 팀 활동을 통한 협력과 공유라는 가치를 발현시킴으로써 우수한 엔지니어로서의 소양을 함양시키는 것이 가능할 것으로 기대된다. 대학의 교과목과 산업체의 현장실습을 연계하여 운영하기 위해서는 대학, 기업, 교수, 학생 등 모두의 인식 전환과 노력이 필요하겠으며, 특히 대학과 기업의 신뢰를 바탕으로 한 협력관계의 구축과 지속적인 유지 발전이 중요하다.

참고문헌

- [1] 한국CAD/CAM학회, "학술발표회 패널 토론 - CAD/CAM교육 어떻게 바뀌어야 할 것인가?", CAD&Graphics, 2005. 4

- [2] 하워드 배로우스, 문제중심학습법 - 의학교육을 중심으로, 성균관대학교 출판부, 2005. 7
- [3] 성균관대학교 대학교육개발센터, 학습자 중심의 수업: 문제 중심학습(PBL)의 개발과 적용, 성균관대학교, 2003. 3
- [4] 성균관대학교 대학교육개발센터, 문제중심학습의 수업적용 사례 연구보고서, 성균관대학교, 2004. 2
- [5] Sang Do Noh, "Problem-Based Learning Program in Co-operative Education for Manufacturing DMU", PLM World 2005, 2005. 5
- [6] 김건연, 이강걸, 허 준, 박태근, 노상도, 김정호, 김동욱, "자동차 조립공장의 생산 DMU 적용에 관한 연구", 한국자동차공학회 논문집, Vol. 13, No. 2, pp. 162-169, 2005. 3



필자소개

서울대학교 공과대학 기계설계학과에서 "Networked Virtual Manufacturing System for Collaborative Engineering"으로 공학 박사 학위를 수여 받고, 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원을 거쳐 현재 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과에 재직 중이다. 연구 분야는 생산시스템 모델링 및 분석, CAD, 디지털 가상생산(digital virtual manufacturing), 공정계획 자동화(CAPP) 및 CAM, 동시협업(concurrent & collaborative engineering) 등이며, 전통적 생산기술에 각종 정보기술을 접목, 통합 활용하는 e-manufacturing 분야의 연구에 많은 관심을 가지고 있다.