

홍익대학교(세종) 공학교육혁신센터

스캐폴딩 (Scaffolding) 기반 적정기술설계 교과목 운영



최 동 진

홍익대학교 나노신소재학과 부교수
djchoi@hongik.ac.kr

서강대학교 공학박사
KAIST 연구조교수

관심분야: 기능성 나노소재, 공학교육혁신



이 승 희

홍익대학교 바이오화학공학과 교수
shleee@hongik.ac.kr

컬럼비아대학교 이학박사
UC 버클리대학교 박사후과정

관심분야: 무기합성, 공학교육혁신

교육프로그램의 개발 필요성 및 목적

□ 배경 및 필요성

공학 분야가 빠르게 진화하고 변화하는 기술과 도전에 직면해 있는 반면에 학생들이 새로운 지식과 기술을 습득하고 혁신적인 아이디어 개발을 위한 공학교육 시스템은 이를 따라가지 못하는 실정이다. 공학도로서 현대의 복잡한 문제를 해결해야 하는 경우가 많아졌고 이러한 문제들은 단순한 노력만으로는 해결되지 않기 때문에 학생들이 자신의 능력과 역량을 믿고 문제에 접근할 수 있도록 하는 동인이 필요하다. 또한 동기부여는 학생들이 공학 분야에서 진로 선택을 하고 전문성을 발전시키는 데 도움을 줄 뿐만 아니라 학생들이 자신의 흥미와 열정에 따라 목표를 설정하고 노력할 수 있도록 돕는다.

그러기 위해서 학생들에게 단기간에 성공할 수 있는 경험을 체험하게 하여 자신감을 키우고, 자신의 능력을 발휘할 수 있는 기회를 제공하는 강력한 학습 동기 부여가 필요하지만, ①실제적인 성취감 제공, ②빠른 결과 확인, ③자신감 향상, ④창의적인 도전, ⑤경험과 학습 기회 제공, ⑥개별 학습자에게 맞춤형된 지원 등을 만족할 만한 교과목 개발의 어려움이 있었다.

□ 목적

공학도들에게 실제 문제를 해결하는 프로젝트 수행을 통해 성공적인 결과를 단기간 내 달성할 수 있는 경험을 제공하여 학습 동기를 자극하고, 더 많은 자신감을 얻을 수 있도록 하는 실전형 공학혁신 인재를 양성하는 데 목적을 두고, 스캐폴딩(scaffolding) 기반 교육과정 개발과 수업 과정 운영을 통한 공학교육 발전과 혁신에 기여하고자 한다.

공학도들에게 실제 문제를 해결하는 프로젝트 수행을 통해 성공적인 결과를 단기간 내 달성할 수 있는 경험을 제공하여 학습 동기를 자극하고, 더 많은 자신감을 얻을 수 있도록 하는 스캐폴딩(scaffolding) 기반 교육과정 개발

교육프로그램 개발을 위한 요구분석

□ 스캐폴딩을 기반으로 한 학습자 중심의 교육 방식 벤치마킹

○ Vygotsky의 “사회문화적 발달 이론”

레프 베르테르비치 비고츠키(Lev Vygotsky)의 “사회문화적 발달 이론”은 발달심리학의 중요한 개념 중 하나로, 20세기 초반에 소비에트 연방의 심리학자인 Vygotsky에 의해 발전되었으며, 아동의 사회적 상호작용과 활동이 발달과 학습에 어떤 역할을 하는지를 강조하였다.¹⁾ 이 이론의 핵심 개념은 “근접 발달 지역(Zone of Proximal Development, ZPD)”²⁾으로 이는 학습자의 현재 수준과 미래의 발달 가능성 사이의 영역을 나타내는데^{3,4)}, 학습자가 혼자서는 해결할 수 없지만 도움을 받으면 해결할 수 있는 과제들의 범위를 의미하며, ZPD는 실제로 스캐폴딩을 적용하는 데 사용되며, 학습자들의 발달을 촉진시키는 역할을 한다. “사회문화적 발달 이론”은 학습을 개인 내적 과정뿐만 아니라 사회적 상호작용과 활동의 결과로 간주하고, 학습자는 다른 사람들과 함께 협력하고 의사소통하면서 새로운 지식을 습득하고 발달하게 된다.

○ Problem-Based Learning(PBL)

Problem-Based Learning(PBL)은 학습자 중심의 학습 방법으로, 실제 세계에서 나타날 수 있는 복잡한 문제나 상황을 중심으로 학습을 진행하는 방식으로, 학습자들이 지식을 습득하고 문제를 해결하는 과정에서 자기주도성, 협력, 비판적 사고, 문제해결 능력 등을 발전시키는 데 중점을 두고 있다. PBL에서는 현실 세계에서 발생할 수 있는 복잡한 문제나 시나리오를 학습의 출발점으로 삼으며, 학습자들은 이러한 문제를 해결하기 위해 필요한 지식과 스킬을 스스로 찾아야 하고, 학습자들이 주도적으로 학습과정을 관리한다. PBL은 학습자들이 단순한 지식 습득을 넘어서 문제를 분석하고 해결하는 능력을 키우도록 돕고, 학생들은 여러 가지 해결책을 고려하며 각각의 장단점을 평가하여 최선의 결정을 내리는 과정을 경험한다. PBL에서는 결과물과 해결책이 중요한데, 학습자들은 문제를 해결하고 결과를 제시하는 것을 통해 자신의 이해도와 능력을 시험한다.

표 1. 해외 주요 대학에서의 적정기술설계 교육과정

MIT D-Lab		스탠포드대 D-school
과 목 명	소외된 90%를 위한 공학설계(학부 수업)	누구나 구입 가능한 제품 개발을 위한 기업가적 디자인 (대학원 수업)
교육목표	개발도상국의 가난한 계층이나 장애인들과 같이 신체적으로 약한 사람들의 문제 다룸	개발도상국의 현장 문제해결을 위한 디자인 학습 및 팀 협업
커리큘럼	<ul style="list-style-type: none"> 지역 컨텍스트를 고려한 기술 디자인 에너지 접근성과 기술 혁신의 관계 이해 지역적인 요구사항에 맞는 물과 위생 솔루션 설계 지역 컨텍스트에 맞는 ICT 솔루션 개발 지역적인 기회와 도전에 대응하는 창업 아이디어 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 디자인 씽킹 입문 및 실제 문제의 적용 사용자 중심의 접근과 문제해결 전략 사용자 조사와 인터뷰 기법 학습 사용자 Bed, Needs, Wants 식별 및 분석 프로토타입을 통한 아이디어 검증 및 개선 팀 협력과 문제해결 프로세스 기술과 디자인의 상호작용 이해
프로젝트	아프리카에서 사용되는 물 이송장치인 쿼드럼(Q drum)과 물을 깨끗하게 하는 휴대용 필터인 생명빨대(Life straw)	전기가 안 들어오는 가정에 사는 사람들이 전기가 들어오는 가정에 사는 사람과 동일한 수준의 삶의 질을 누리게 한다는 d.light 사회적 기업 창업
시 사 점	적정기술의 경제적, 환경적, 윤리적, 문화/사회적 측면을 고려하여 현장의 상황 또는 상대적 적합성에 따라 인간의 삶의 질을 개선하고 지속가능한 삶을 누리는 기술의 효용적 가치에 중점	사회적 영향과 지속 가능성을 고려한 디자인씽킹 방법론적 혁신을 추구하고, 적정기술의 활용이 사회적으로 긍정적인 영향을 미치는지를 고민하고 문제해결을 위한 사용자 중심적이고 혁신적인 기술에 중점

□ ZPD 변화를 위한 공학교육의 최적화된 수업
벤치마킹: 적정기술

교수나 전문가의 도움이 있어야 수행할 수 있는 어려운 주제의 학습을 학생들이 타인과 함께 시도함으로써, 학생의 실제적 공학 수준을 앞선 수준, 즉 내재적 공학 수준으로의 변화를⁵⁾ 이끌어 낼 수 있는 스캐폴딩 이론의 핵심 개념인 ZPD를 기반으로 하여 적정기술 수업을 개발한다.

교육프로그램 내용 및 운영 실적

□ 모빌리티 적정기술설계 교과목 운영

○ 교과목 개요

2023년 1학기부터 홍익대학교 미래모빌리티융합전공 3학년 학생을 수강 대상으로 하여 전공필수과목으로 개설하고, 한 학기 15주 수업 동안 매주 이론 1시간, 실습 2시간으로 구성되는 3학점 과목으로 운영하였으며, 7명의 학생이 수강하였다. 학생들의 참여와 협업을 중요하게 여기며, 실제 개도국 현장 방문과 프로젝트의 성공 체험을 통해 학생들의 실무 능력을 향상시키는 것을 목표로

하였다. 자세한 교과목 개요 및 학습목표는 표 2와 같다.

표 2. 모빌리티 적정기술설계 교과목 개요 및 학습목표

현대 사회에서는 빠르게 변화하는 환경 속에서도 환경적, 윤리적, 문화적, 사회적 측면을 모두 고려한 “적정기술(Appropriate Technology)” 개념이 중요한 접근 방식으로 부각되고 있다. 이는 비용 대비 효율적이며 유지 보수가 용이하며 친환경적인 특성을 갖춘 기술을 혁신적으로 적용하는 것을 의미한다. 다양한 국가나 지역의 환경과 조건이 상이하기 때문에 기술의 적용은 특정한 의도나 상황에 맞는 상대적 적합성에 따라 결정된다.

본 교과목은 개발도상국이나 저개발 국가에서 실제로 적용하고 절차적 측면을 고려한 적정기술의 실제 적용을 위해 개설되었다. 한 학기 동안 학생들은 현장의 실제 문제를 도출하고 해결책을 설계하며, 방학 동안 개발도상국을 직접 방문하여 해결 방법을 구현한다. 본 교과목은 미래모빌리티융합 분야에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이기 위해 다학제적 기술 통합을 통한 실용적 응용과 절차에 초점을 두는 것을 목표로 한다. 또한, 비판적 사고, 문제해결, 효과적인 커뮤니케이션, 협력 및 현장 관찰 능력을 키우는 것에 중점을 두고 기초 공학 역량을 강화하는 데 의미를 둔다.

더욱이, 적정기술을 디자인 원칙과 결합함으로써 제품화된 사례 연구를 제공하며, 지속 가능한 디자인을 강조한다. 이를 통해 학생들은 사회적으로 소외된 계층에게 더 나은 삶의 질을 제공하는 방법을 탐구하며, 실제 세계에 적용해 볼으로써 공학적 잠재능력을 단기간에 끌어올리는 공학 기초를 강화하는 훈련을 받게 된다.

본 교과목은 지속 가능한 발전을 위한 공학적 촉진 역할을 포괄적으로 이해하도록 학생들에게 제공하여, 이론적 지식과 실용적 응용, 실전 경험을 결합하여 학생들이 사회적 기술과 사회적 도전에 효과적으로 기여할 수 있는 기술과 시각을 함께 제공한다.

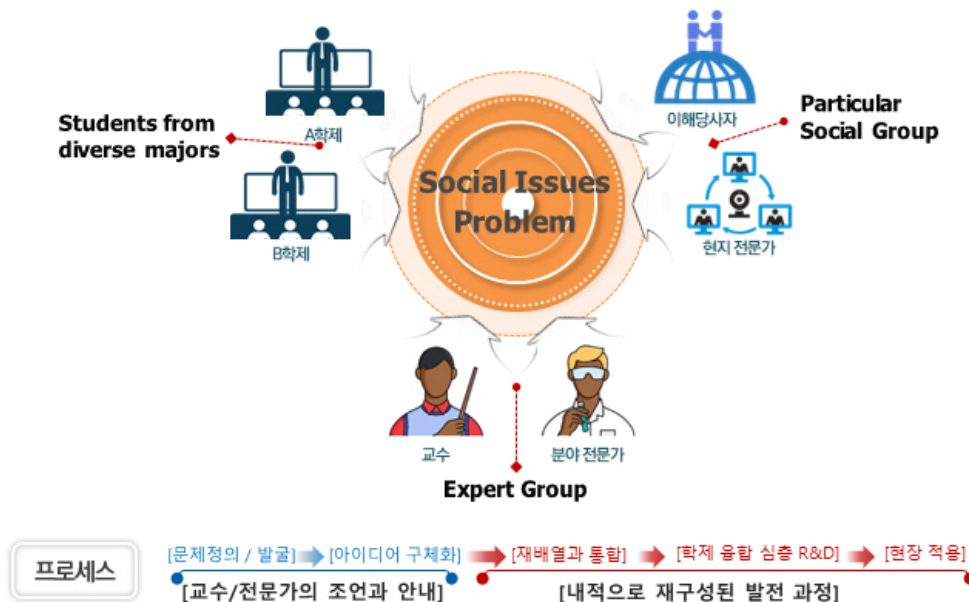


그림 1. ZPD 이론을 접목한 모빌리티 적정기술설계 교과목

○ 수업방식과 특징

❶ 1~3주 차 ; 주제 선정과 목표 설정

학생들의 관심과 열정을 자극하여 수업에 대한 내적 동기와 갈망을 불러넣는 것을 목표로 한다.

학생들이 흥미 있는 주제에 대한 프로젝트 주제를 선정하고 현실적이면서도 도전적인 목표를 설정할 수 있도록 돕는다. 선정된 주제가 실제 세계에서 어떻게 활용될 수 있는지에 대한 사례와 예시를 제공하여 학생들에게 그 중요성을 보여줌으로써, 학생들은 앞으로 배울 내용이 현실과 연결되어 있는 것을 명확하게 이해하고 동기를 찾을 수 있다.

개도국의 수질 오염 해결로 주제 선정

- 본 수업에서는 학생들의 주제 선정을 위해 개발도상국의 식수 위생 문제를 범주*로 한정
*신설 교과목이기 때문에 담당교수가 원활히 지도할 수 있는 교수의 전문 분야로 주제 설정
- 몽골, 캄보디아, 방글라데시 3개 국가의 지하수 오염 문제를 화두로 삼음
- 담당교수는 수질 오염의 정의, 원인과 종류 및 전망 등 수질 오염에 관련된 이론 강의 진행
- 개도국을 도와주는 봉사 활동(수업)을 통해 자발적이고 의미 있는 경험을 강조하여 자신의 역할과 기여를 정확하게 이해 시키고, 그에 따른 동기부여를 가질 수 있도록 설명

❷ 4~7주 차 ; 자신감 향상과 주제의 단순화 과정

교수/전문가의 가이드로 교정, 피드백 및 시범을 보이고 하나씩 성공을 경험하는 것을 목표로 한다.

자신감 향상과 학습 경로를 제공하는 것으로 선정된 주제로 프로젝트를 개발할 때, 교수 또는 전문가가 교정 및 구체적인 피드백을 주기도 하고, 시범을 보여 문제의 일부를 해결해 줌으로써 성취감을 느끼게 하고, 자연스럽게 학습에 흥미를 갖도록 성장을 장려한다. 또한 자유도를 감소시키기도 하는데 수질 오염 문제 해결로 주제를 한정했어도, 광범위한 주제이기 때문에 학생들이 문제해결에 빨리 도달할 수 있는 다른 불필요한 행동을 줄이도록 안내하고 주제를 좁히는데 도움을 준다.

비소 필터링과 살균으로 주제 확정

- 주제가 선정되고 프로젝트를 개발할 때, 초기에는 학생들에게 개발 방향과 진행을 전적으로 맡김
- 학생들이 선정한 주제에 대해 전문성이 부족하기 때문에, 교수가 개입하여 학생들이 문제해결을 단기간에 완료할 수 있도록 초점을 맞추 타깃을 선택해 주고(주제를 좁힘) 교정과 피드백 수행
- 현지에서 쉽게 구할 수 있는 비소 제거 물질을 선정하여 비소 필터 만드는 실험 방법을 직접 시범을 보이고, 스스로 만들 수 있도록 반복 연습
- 대장균, 대장균군 및 다양한 병원균으로 오염되어 있는 개도국 식수를 해결하기 위한 살균 방법을 제안하고 살균하는 다양한 방법을 시범(보고서, 논문, 사진 자료 등 제공)

❸ 8~13주 차 : 목표 유지

학생이 목표를 달성하여 성취감을 높이고 학습에 대한 자신감을 향상하는 것을 목표로 한다.

학생들이 끝까지 목표를 추구할 수 있도록 필요한 기술과 중요한 특성을 지도해 주고, 문제해결 과정에서 힘든 부분을 줄여줌으로써 도전했던 목표를 성취하여 엔지니어로서의 자신감을 향상하도록 한다.

목표한 프로젝트 개발

- 2개의 팀이 구성되어 한 팀은 “비소 흡착 필터 개발”, 다른 한 팀은 “살균볼” 개발로 진행
- 본 프로젝트의 대상 국가는 캄보디아로 결정하였으며, 농촌 마을에서 대부분 사용하고 있는 우물에 비소흡착필터를 설치하고, 살균볼은 주민들이 물을 길어올 때 사용하는 용기를 대상으로 함
- 초기에 설계했던 이론과 맞는지 검증할 수 있는 수준의 프로토타입 제품 개발
- 프로토타입을 검증하기 위한 실험실 세팅 준비와 기타 필요한 장치 개발(세균 배양기)

❹ 14~15주 차 : 검증과 현장 론칭 준비

프로토타입의 실험적 증명과 보완해야 할 부분의 신속한 수정을 목표로 한다.

프로토타입의 현장 적용을 위해 실험적으로 이론적 가설을 검증할 만한 결과를 도출하고, 발견된 문제점에 대해서는 신속히 수정하여 실제 상황에 직면했을 때 학생

들이 성취감을 확실히 경험할 수 있도록 하는 검증과 피드백 과정이다.

최종 검증과 캄보디아 현장 상황 점검

- 프로토타입이 이론대로 잘 작동하는지 검증
*비소흡착필터의 경우는 200ppb의 비소 농도의 오염된 물을 프로토타입에 흘려주었을 때 비소의 농도가 캄보디아 식수 기준 50ppb 미만으로 감소되는지 확인
*살균볼의 경우 10분 내로 식수로 적합한 수준 이하의 세균 수로 검증
- 본 수업이 종강하면 캄보디아 현장 방문까지 약 한 달간 시간이 있으므로 그 시간 동안 캄보디아 현장 상황을 모니터링하고 필요한 물품 구매, 만나야 할 사람, 방문 장소 등 확인 검토

⑤ 종강 후 여름방학 : 현장 방문과 적용 과정 관찰

자주적으로 만든 프로덕트를 현장에 적용하여 성취감을 극대화하고 통찰력을 향상하는 것을 목표로 한다.

교육프로그램 효과

학생들의 참여와 관심이 자발적 행동으로 전환되어 학생들이 자기 주도적으로 학습하는 환경을 스스로 조성해 자신의 관심과 목표에 따라 학습을 진행하여 더 나은 학습 경험을 습득할 수 있었다. 또한 실제 문제를 해결하기 위해 완성 제품을 개발하는 프로젝트를 진행하면서 이론을 실제 상황에 적용하고 문제를 해결하는 능력을 키울 수 있었다. 학생들이 단기간에 완성할 수 있는 새로운 기술을 배우고 적용하는 과정에서 성취감을 경험하여 자신의 능력을 높이는 효과가 있었으며, 적정기술을 활용하여 사회 문제를 해결하거나 다양한 봉사 활동에 참여함으로써 사회적 기여 의식을 향상시킬 수 있었다. 이 밖에도 도전적인 과제이지만 동시에 필요한 지원과 기술 등을 제공하여, 학생들이 능력의 한계를 느끼지 않으면서 발전할 수 있는 기회가 되었다.

캄보디아 현장 방문과 실제 적용



- 캄보디아 캄퐁초낭 마을에 학생들이 방문하여 한 학기 동안 개발한 비소흡착필터시스템 설치
- 비소 농도가 약 300ppb*의 우물물을 마을 주민들이 정수 없이 마시고 있었는데, 학생들의 비소흡착필터를 설치 후 20ppb 이하로 낮아짐
*WHO 기준 캄보디아 50ppb 미만 음용 가능, 우리나라의 경우 10ppb 이하로 좀 더 엄격



- 비소흡착필터를 설치했던 옆 마을로 이동하여 세균이 발견된 우물과 빗물 저장 시설에 살균볼을 설치
- 대장균과 일반 세균이 검출되었던 우물물과 빗물이 식수 기준 치에 적합한 수준으로 감소
- 현지에 설치한 살균볼은 건전지 타입에서 무선 충전 방식으로 업그레이드 중

타대학에서 벤치마킹 시 고려할 점

다양한 학생들이 수강하는 수업이므로 학생들의 특성을 비교하는 것이 필요하고 학년, 전공, 배경, 관심사 등이 어떻게 다른지 파악하여 맞춤형 프로그램을 운영할 필요가 있다. 또한 학생들의 자기주도적 학습을 어떻게 촉진하고 어떤 종류의 지도와 피드백을 제공해야 하는지 확인해야 하며, 교수나 전문가의 역할과 기능에 대한 파악이 필요하다. 이 밖에 어떤 종류의 적정기술과 관련 리소스를 활용하는지 살펴야 하며, 교육 도구, 교육 환경 등이 어떻게 활용되는지 확인이 필요하다. 🔗

참고문헌

1. David, J.(1998). Lev Semenovich Vygotsky, In E. Craic (ed.), Encyclopdia of Philosophy. London: Routledge.
2. Van Geert, P.(1994). Vyogotskian dynamics of development. Human Development, 37, 346-365.
3. John-Steiner, V. & Holbrook, M.(1996), Sociocultural approaches to learning and development: A Vyogotskian framework. Educational psychologist, 31(3/4), 1191-1206.
4. Vygotsky, L. S.(1986). Thought and language. Cambridge, MA: The MIT Press.
5. Vygotsky, L. S.(1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.