

국가연구개발 성과와 이공계 교육연계 방안

조금원* · 조만형** · 김종암*** · 이영민**** · 이종숙***** · 김규진*****

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

1) 연구의 필요성

20세기 후반 태동된 인터넷으로 대표되는 IT 혁명은 21세기에 접어들며 그 파급력은 컴퓨터 및 네트워크 성능의 눈부신 발전으로 사이버 인프라스트럭처(Cyber Infrastructure)를 구축하면서 더욱 높아가고 있다. 이미 이러한 패러다임은 교육 등 일상생활의 기본적인 틀을 급격히 변화시키고 있다. 우리나라의 국가 과학기술경쟁력은 꾸준히 향상되어 2007년 세계 7위까지 발돋움하였으며, 지속적인 국가의 R&D 예산 투입으로 이러한 발전 추세는 당분간 이어질 전망이다. 그러나 2007년 국가 교육시스템 효율성 52위라는 수치는 국가 과학기술경쟁력 순위와는 판이하게 다른 양상을 보여주고 있다. 또한 2008년 이공계 졸업생 재교육 비용이 2.3조원으로서 이공계 대학졸업자를 산업체에서 활용하기 위해 또 다시 엄청난 재원이 재 투입되고 있는 것이다. 미래 지향적 교육과 이를 통한 양질의 인력양성 없이 미래의 국가 과학기술경쟁력도 담보될 수 없다.

정부에서는 국가 과학기술경쟁력을 높이기 위해서 국가 R&D 연구비(년 12조원)를 최근 수년간 많이 증액했으며, 그 질적인 수준에서도 비약적인 발전을 하고 있다. 이러한 정부의 연구사업 지원을 통해서 정부출연연구소 및 고등교육기관인 대학에서도 많은 연구성과들이 축적되어 왔다. 그러나 국내 연구진들의 연구능력이 증대되었음에도 불구하고, 그 연구결과들이 교육현장에서 직접 활용되는 사례가 많지 않다는 문제점이 있다. 한편, 산업현장에서의 실용적인 연구개발도 그 규모와 첨단성 면에서 비약적인 발전이 이루어지고 있으나, 교육현장에 활용되지는 못하고 있는 실정이다. 따라서 국내에서도 해외 선진사례와 같이 정부출연연구소, 국내 대학 및 산업체의 우수한 연구결과를 고등교육 현장에 적시 활용할 수 있는 체계를 구축하여 활용함으로써 이공계 교육경쟁력을 강화해야 할 필요성이 대두되고 있다.

2) 연구의 목적

본 연구의 목적은 학·연·산 협력을 통한 국가 과학기술 연구성과와 이공계 고등교육의 상호연계를 통한 시너지 극대화를 위한 사이버 인프라스트럭처 기반 차세대 과학기술 교육·연구 융합

* 조금원, 한국과학기술정보원 / 차세대연구환경개발실장, 042)869-0550, ckw@kisti.re.kr

** 조만형, 한남대학교 / 행정학과 교수, 042)629-7511, mancho@hnu.kr

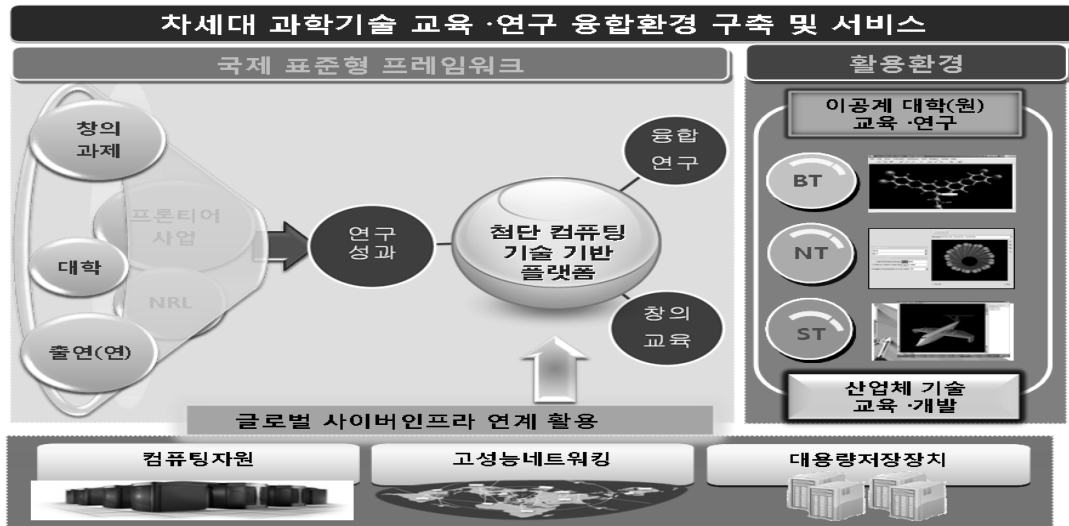
*** 김종암, 서울대학교 / 기계항공공학부 교수, 02)880-1915, chongam@snu.ac.kr

**** 이영민, 포항공과대학교 / 화학과 교수, 054)279-2343, ymrhee@postech.ac.kr

***** 이종숙, 한국과학기술정보원 / 책임연구원, 042)869-0521, jsruthlee@kisti.re.kr

***** 김규진, 한국과학기술정보원 / 연구원, 042)869-0610, kkj@kisti.re.kr

환경 구축을 위한 종합계획을 수립하는 것이다. 따라서 국가 R&D 사업을 통하여 생성 및 축적된 막대한 양의 국가 첨단 연구결과를 이공계 대학 및 대학원의 교육 현장에 직접 연계시킴으로써 졸업생들이 산업체 또는 연구현장에서의 실무 재교육 비용 및 시간을 최소화하고 현업에 즉시 투입될 수 있는 방안을 제시하고자 한다.



(그림 1) 과학기술 교육·연구 융합환경 개념도

II. 국가 연구개발성과와 국내·외 현황

1. 국가 연구개발성과 조사

1) 국가 연구개발사업

연구개발 성과의 개념은 주로 R&D 성과지표와 관련된 연구 또는 R&D 프로젝트 평가와 관련된 기존연구에서 그 개념을 찾을 수 있다. 연구성과란 연구의 계획과 활동을 통해 얻은 결과라고 정의할 수 있다. 과학기술 연구성과의 활용은 경제·문화·교육 등 사회 전반의 지속적 발전에 중대한 영향을 가져온다. 현재 정부에서는 정부연구개발사업의 투자 효율성을 높이기 위해 기존의 투입·관리 중심에서 성과 중심의 R&D로 패러다임을 전환함에 따라 국가 연구개발사업 성과물에 대한 국가 차원의 체계화되고 종합된 성과관리의 중요성을 크게 인식하게 되었다. 이에 대한 대처 방안으로 2005년 12월, 「국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률」을 제정하여 범부처적 차원의 “연구성과 관리·활용 기본계획 (’06~’10)”을 수립하여 연구성과를 효율적으로 관리·활용하기 위한 제도적 기반을 마련하여 시행하고 있다.

세계 선진국들은 과학기술을 중심으로 글로벌 경쟁체제에 돌입함에 따라 연구개발에 막대한 자원을 투자하고 있으며 우리나라의 경우 1982년 정부주도의 국가 연구개발 사업을 본격적으로 시작하여, 2009년도의 과학기술관련 예산은 12조 3,437억 원으로 전년에 비해 13.8% 증가 하였다. 또한 선진국과 비교해 볼 때, 우리나라의 GDP 대비 총 연구개발투자 비중은 <표 1>에서 보는 바와 같이 GDP 대비 정부연구개발 예산의 비중도 0.90%로 꾸준히 증가하여 선진국과의 절대규모 차이는 감소하였으나 아직 격차가 있음을 알 수 있다.

<표 1> 국가별 연구개발 예산 비교

구분	한국('07)	미국('07)	일본('07)	독일('07)	프랑스('07)	영국('06)
정부연구개발예산 (백만 PPP\$)	10,832	141,890	29,185	20,838	15,539	14,769
배율	1.0	13.1	2.7	1.9	1.4	1.4
GDP 대비 비중(%)	0.90	1.03	0.68	0.76	0.75	0.74

자료: OECD, Main Science and Technology Indicators, 12, 2008

* PPP(Purchasing Power Parity): 구매력 평가지수로서 각국의 물가 차이를 고려한 환율

2. 연구개발성과의 국내·외 교육 연계활용 현황

1) 국외 현황

(1) 나노허브(nanoHUB.org) 사업 (미국)

나노허브(nanoHUB.org) 사업은 미국과학재단(NSF)의 지원 하에 미국 내 8개 대학 및 기관으로 구성된 전산 나노기술 네트워크(NCN: Network for Computational Nanotechnology) 주관으로 나노기술에 대한 교육용 응용프로그램, 전문가 네트워킹, 인터랙티브 시뮬레이션 도구 지원 및 사용자 교육을 수행하고 있는 사업이다. NCN 나노허브의 비전은 다양한 커뮤니티를 발전시켜 새로운 형식의 발견, 혁신, 학습 및 사용자 참여를 격려하는 최첨단 사이버 인프라스트럭처를 통해 연구·교육 자료를 공유하는 것으로, 실험적인 연구·교육과 긴밀히 연관된 혁신이론, 모델링 및 시뮬레이션을 통해 나노과학의 나노기술로의 전환을 가속화 시키는 것이다. 결국 시뮬레이션 툴을 이용한 나노기술의 연구와 관련 학술 교육을 연계하여 지원하는 것이다. NCN은 조직적이고 효율적이며 신뢰할 수 있고 확장성 있는 사이버 인프라스트럭처는 미래의 것이 아닌 바로 현재의 기술이라는 인식을 가지고 있다. 이러한 인식 위에 사이버 인프라스트럭처로서의 나노허브는 풍부한 연구·교육 자료와 함께 172개국 110,000여명의 사용자를 보유하고 있다. 2009년의 NCN의 NSF 기금은 \$3,648,333이었다. 2009년~2010년(8년차) 요청 수준은 작년과 동일하다.

(2) 계산화학 능력 증진 (ICLCS) 사업 (미국)

일리노이 주립-어바나 샴페인(UIUC) 대학의 화학과, 약학대학, 슈퍼컴퓨팅응용센터에서 주관하고 있는 계산화학 능력 증진(ICLCS: Institute for Chemistry Literacy and Computational Science) 사업은 21세기의 정보, 계산 도구, 방법론 교육과 이에 대한 목표를 실행하기 위한 리더십의 개발에 대해, 화학 교사와 학생들을 훈련하기 위한 것이다. 결국, 이 프로그램에서 추구하는 바는 고등학교 교사와 학생의 화학에 대한 이해력과 세계적 수준의 화학 응용 능력을 강화하고, 화학 교육용 계산 도구, 모델링과 시각화 도구를 사용하여 교육하는 것이다. 또한 1년 내내 전문 개발을 활성화하기 위해 연구 교수단과 고등학교 교사를 대상으로 강한 배움 공동체를 형성하게 하고, 수학과 과학의 우수성을 위해 지지자가 될 만한 지도자를 집단 양성하고자 한다. 주 목표는 (1) 21세기 연구의 맥락 안에서 미국 내 지방 고등학교 교사들과 학생들의 화학에 대한 이해를 증진시키는 것, (2) 교사들이 컴퓨터 관련 도구와 시각화 도구를 편안하게 좀 더 많이 사용하도록 하는 것, (3) STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)과 컴퓨터과학 교육에 있어서의 우월성을 위한 주창자가 될 지도자로서의 교사 핵심그룹을 만드는 것, 마지막으로 (4) ICLCS의 핵심 파트너 기관들 내에서 제도적인 변화를 촉진하는 것이다.

(3) 첨단 컴퓨터 교육·국제협력 (ICEAGE) 사업 (유럽)

첨단 컴퓨터 교육·국제협력(The International Collaboration to Extend and Advance Grid Education) 사업은 유럽연합(EU)이 주도하는 다국적 교육 중심의 프로젝트이다. 유럽연합은 ICEAGE 프로젝트를 통하여 포럼을 구성하고 각국의 그리드 컴퓨팅 활성화를 위한 교육 및 그리드 컴퓨팅 사용을 확산시키기 위하여 유럽 전체 차원의 각종 제도적 지원 방안을 강구하고 있다. ICEAGE는 2003년부터 해마다 The International Summer School on Grid Computing (ISSGC)를 개최해오고 있다. ICEAGE 프로젝트는 ERA 학술분야의 분산 컴퓨팅 교육·협력을 지원하고 증진하는 목적을 갖고 있다. EGEE(Enabling Grids for E-science)의 기반 위에서 ICEAGE는 지속적인 대규모의 다목적 e-인프라스트럭처를 제공하여, 학생들과 교사들이 그리드 환경에 대한 교육을 할 수 있고 교육 프로그램을 개발할 수 있도록 한다. 주된 사업은 크게 세 가지로 요약할 수 있다. 첫째는 ISSGC를 개최하는 것이고, 둘째는 그리드 컴퓨팅 교육을 위한 e인프라스트럭처인 t인프라스트럭처의 개발이며, 마지막 셋째는 그리드 컴퓨팅 교육을 다각도로 지원하는 포럼의 설립 및 운영이다.

2) 국내 현황

이공계 졸업생들의 현장적응력을 높이기 위해서는 현장에서 직접 활용하고 있는 상용 소프트웨어나 유사한 성능을 가진 공개 소프트웨어를 활용하여 교육을 수행하는 것이 필요하다. 그러나 고가의 소프트웨어를 산업체에서 구매하는 것도 쉬운 일이 아니며 더구나 대학에서 이를 교육에 활용하기에는 상당한 재정적 부담이 있다. 그렇지만 상용 소프트웨어를 활용하여 실무교육을 시킨 후, 실제 학생들이 그러한 CAE 소프트웨어를 활용하여 실제 문제를 해결하고 느낀 소감을 들어 보면 이러한 현장중심, 문제해결중심의 교육이 얼마나 중요한지 알 수 있을 것이다. BT, NT, ST 등 분야에 사용되는 컴퓨터 시뮬레이션 기술은 첨단 기술이기 때문에 대학교 연구실의 기술이 바로 벤처 창업으로 이어지거나, 연구소의 기술이 기업으로 이전되어 상용화되는 것이 가능하다. 하지만, 국가 차원의 사업은 아직 진행되고 있지 않다. 현재는 각 개별기관마다 교육용 소프트웨어를 구축하여 활용하고 있는 실정이다. 현재 소수의 몇몇 대학에서 축적된 연구성과를 바탕으로 교육에 활용할 수 있는 수준의 열유체/구조/동역학 소프트웨어를 독자적으로 개발하고, 이를 연구 및 교육 혹은 상업화에 활용한 사례가 있으며, 이 중 몇 가지 예를 들면 아래 <표 2>와 같다. 그러나 계산화학 및 공학설계 분야에서 연구성과와 교육을 연계하여 활용하고 있는 국내 사례는 미미한 것으로 조사되었다.

<표 2> 교육에 활용되고 있는 국내개발 소프트웨어

소프트웨어명	목적 및 용도	기관
e-AIRS	연구/교육) 풍동실험, 유체해석 등	KISTI, 서울대학교
IPSAP/DIAMOND	연구/교육) 구조해석, 진동해석, 충돌해석 등	서울대학교
STRA-D	상용화) 구조해석, 좌굴해석, 진동해석 등	KAIST
FASTA	연구) 범용 구조해석	전북/인하대
K-View	교육전용) 전산구조해석 강의 보조용	인하대학교
DAFUL	상용화) 동역학 구조해석, 진동해석 등	한양대학교
Recurdyne	상용화) 동역학 구조해석, 진동해석 등	한양대학교
CEMware	상용화) 공학수학 해석 등	서울대학교

3. 국내 이공계 대학교육 현황

이공계 대학에서의 최근의 교육동향을 보면 공학계열 학과들에 산업체의 요구를 수용하기 위해 공학교육인증을 도입하기 시작했다는 점을 주목할 수 있다. 공학교육인증은 기존 공학교육의 패러다임을 바꾸었다. 온라인 공학 교육에서 가장 필요한 것은 학생들과 지속적인 대화를 할 수 있는 능력, 언제든지 학생들이 자신의 지식수준을 스스로 알 수 있도록 하는 능력, (예를 들어, 시험을 위한 기다림이 없다.), 즉각적인 피드백을 제공하는 온라인 실험과 상호작용하는 능력, 그리고 온라인 코치와 다른 학생들이 토론과 그룹 의견 반영을 위해 접촉하는 것이다. 이 능력들이 웹에서 제공될 수 있어야 한다. 또한 공학 및 과학 분야의 시뮬레이션 기술 발전은 현실적 세상과 가상적 세상의 경계를 허물고 있다. 현재 시범적으로 활용되고 있는 디지털 교과서 및 교육용 시뮬레이션 소프트웨어에 의한 교육도 더욱 확대될 전망으로서 산업에의 파급효과도 상당할 것으로 전망되고 있다. 선진국의 사례에서도 알 수 있듯이 이러한 교육 패러다임의 이동은 이제 거부할 수 없는 추세이며, 향후 경쟁력 있는 구조 및 동역학 분야의 공학교육도 이러한 패러다임 하에서 IT 인프라를 통한 지식 전달 및 공유, 시뮬레이션을 통한 가상체험 학습도구의 효율적 활용에 초점을 맞춰 발전될 것으로 전망된다. 그러나 아직 초중고 교육에 비해 대학 이공계 교육에 대한 교육부의 가시적 지원은 상대적으로 대단히 미약한 편으로서, 향후 대학 교육의 수월성을 담보하기 위해서는 교육부의 체계적 지원책이 절실하다고 할 수 있다.

한국교육개발원에서 발행한 2009년도 고등교육기관의 학과 및 학생 수 현황에서 BT, NT, ST 관련 학과의 항목을 보면(<표 3>), 공학계열 학생은 95,788명, 이학계열 학생은 22,196명으로 사이버 인프라를 활용한 교육환경을 사용할 총 잠재 사용자 수는 약 117,984명 정도 된다. 다음 절의 수요조사를 위한 설문조사에 응답한 응답자의 87%가 향후 IT 융합형 고등교육·연구 환경을 활용할 의지가 있다고 응답하였고, 그 중 74%가 월 1회 이상 시스템을 활용하겠다고 응답하였다. 향후 국내에도 IT 융합형 고등교육·연구 환경 시스템이 구축된다면 그 사용자는 약 10만 명에 이를 것으로 기대된다.

<표 3> 2009년도 대학 소계열별 학과 수 및 재학생 수

전공 대계열	전공 소계열	학과 수			재학생 수		
		대학	산업대	합계	대학	산업대	합계
공학계열	건축·설비공학	138	42	180	12969	2353	15,322
	기계공학	164	41	205	35556	4671	40,227
	토목공학	183	51	234	22314	3564	25,878
	항공학	30	0	30	5455	0	5,455
	해양공학	53	0	53	8906	0	8,906
	계				95,788		
자연계열	물리과학	115	0	115	10767	0	10,767
	화학	101	6	107	11429	0	11,429
	계				22,196		
총 계					117,984		

4. 설문 조사 및 분석

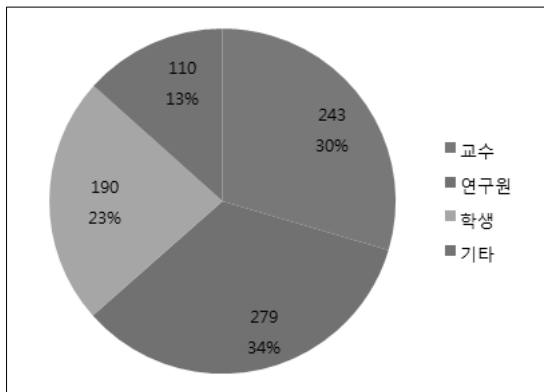
1) 설문배경 및 목적

본 설문조사는 2010년 4월 13일부터 21일(9일)까지 교육과학기술부 주관 하에 한국과학기술정보연구원(KISTI)이 “국가 고등교육과 과학기술의 연계방안 및 육성전략을 수립”하기 위해서 진행하

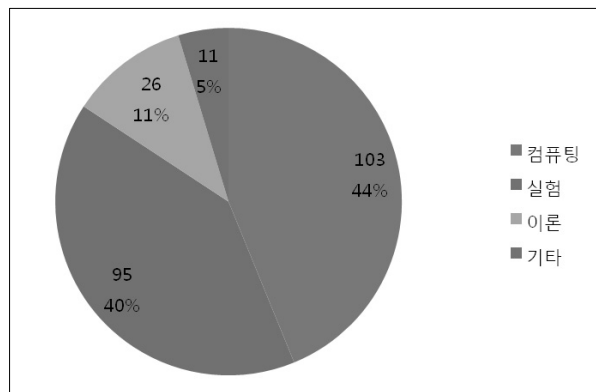
였다. 이는 과학기술 연구성과를 기반으로 한 IT 융합형 고등 교육·연구 환경구축 사업의 일환으로 대학(원) 및 연구소 등에서 보유한 소프트웨어, 지적 재산 및 노하우를 고등교육에 접목하여 교육·연구의 순환적 발전을 도모하고자 교육 및 연구 현장의 현황을 조사하기 위한 것이다.

2) 설문지 자료분석

본 설문조사에 대한 분석은 총 21개 문항으로 구성된 웹 설문지를 교수, 연구원, 학생, 산업체 등의 약 10,000여명에게 발송하여 총 822명에게 받은 설문결과를 바탕으로 분석한 것이다. 설문에 참여한 응답자의 구성 현황은 (그림 2)와 같이 총 822명의 응답자 중 교수 243명(30%), 연구원 279명(34%), 학생 190명(23%), 산업체 110명(13%)으로 구성되어 있다.



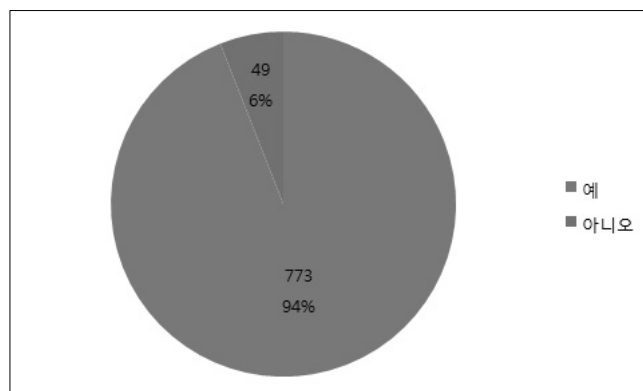
(그림 2) 설문 응답자 현황



(그림 3) 연구 방법론 현황 (교수집단)

응답자가 활용하는 연구 방법론을 분석한 결과, 전체 응답자를 대상으로 했을 경우에는 컴퓨팅(계산과학) 237명(29%), 실험 399명(48%), 이론 82명(10%), 기타 104명(13%)로 나타났고, 교수집단을 대상으로 했을 경우에는 컴퓨팅(계산과학) 103명(44%), 실험 95명(40%), 이론 26명(11%), 기타 11명(5%)으로 나타났다. 본 결과에서 주목할 부분은 고급 연구자 일수록 컴퓨팅 기법을 활용한 시뮬레이션 기법을 활용하여 연구를 수행하고 있다는 사실이다.

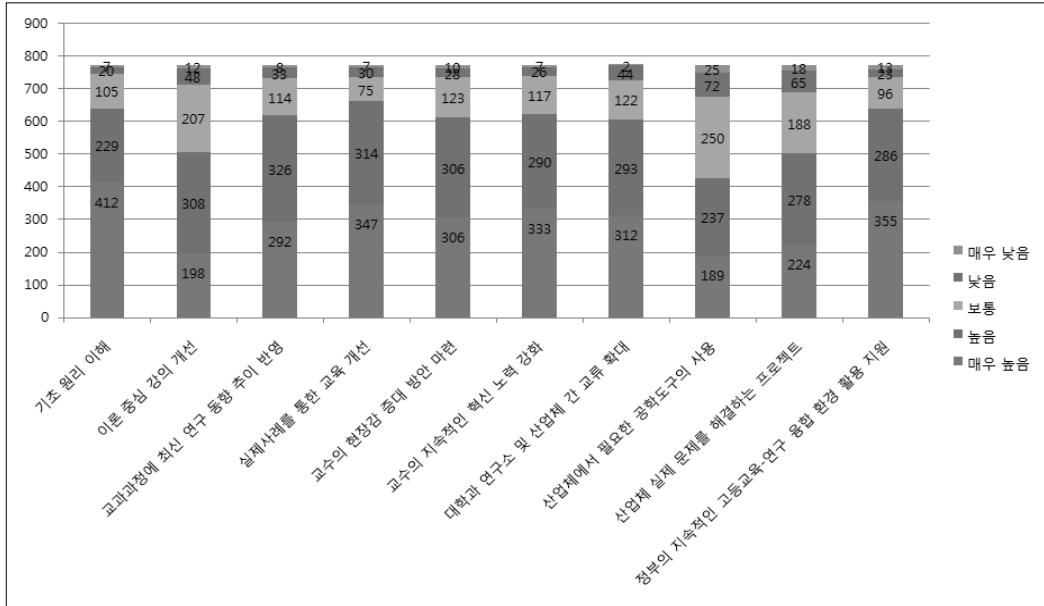
또한, 설문 응답자의 94%인 773명이 이공계 고등교육 환경의 개선이 필요하다고 응답하였다.



(그림 4) 이공계 고등교육의 개선 필요 여부 응답

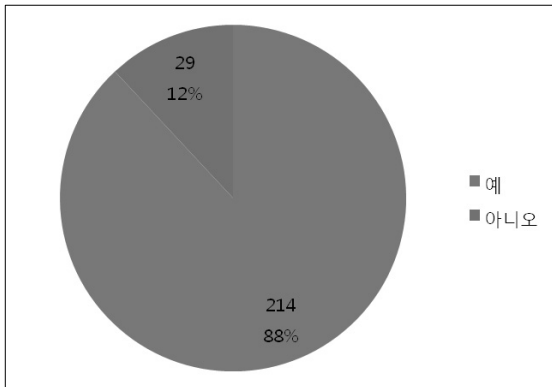
특히 응답자의 절반 정도가 교과과목에 대한 ‘기초원리 이해 강화’ 필요에 대해 매우 높은 공감을 나타낸 것으로 보아 이공계 고등교육에서 기초 원리를 이해하는 것이 가장 중요한 사항임을

알 수 있다(그림 5). 그러나 교수 집단의 응답결과에서는 ‘산업체 실제문제를 해결하는 프로젝트’와 연계한 교과과정의 개선이 필요하다는 것에 가장 높은 공감정도를 보여주었다. 응답자의 약 75%가 설문지에 나열된 10개의 개선항목들에 대해서 매우높음 및 높음의 공감정도를 나타냈다.

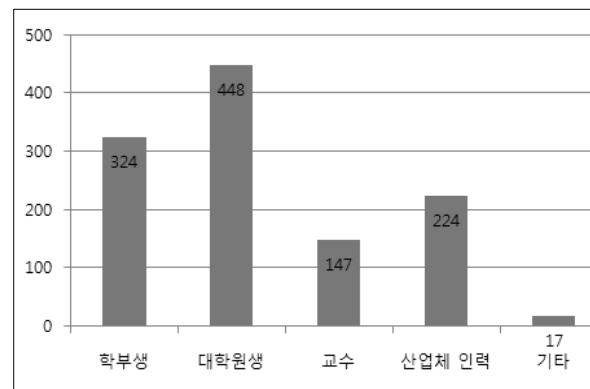


(그림 5) 이공계 고등교육 개선 필요사항에 대한 공감 정도 (전체)

설문 응답자의 연구내용 또는 연구결과를 교육에 연계 가능한지를 묻는 질문에 대해서는 응답자 10명중 7명 이상이 ‘그렇다’고 대답하였으며, 교수 집단의 경우에는 10명중 약 9명이 그들이 수행한 연구결과를 교육에 연계 가능하다고 응답을 하였다(그림 6).



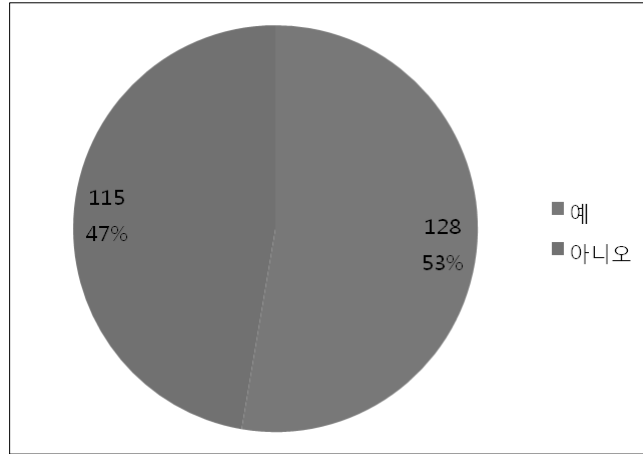
(그림 6) 연구내용, 연구결과와 교육의 연계 가능 여부 (교수집단)



(그림 7) 연구내용/결과를 교육과 연계 하였을 때 주 사용자 및 수혜자

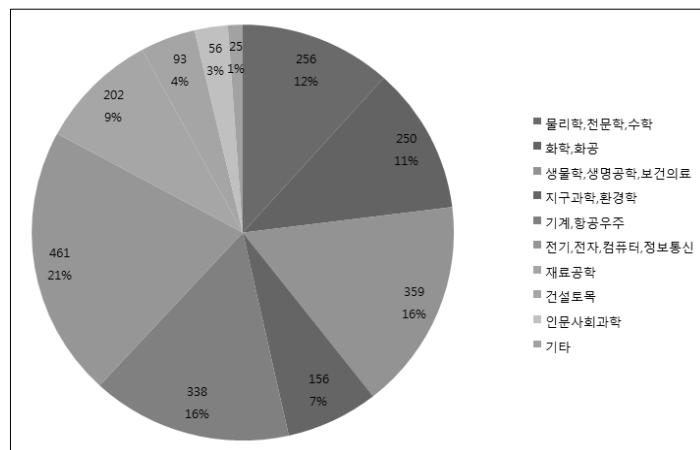
주 사용자 또는 수혜자가 누구라는 질문에 응답자의 28%(324명)가 학부생, 39%(448명)가 대학원생이라고 응답하여 대학(원)생에게 가장 도움이 많이 될 것이라고 예상하였다(그림 7).

“연구결과에 대해서 국가가 지원한다면, 교육용 도구(소프트웨어 등) 또는 교재(콘텐츠 등)로 상용화가 가능하겠습니까?” 라는 질문에 응답자의 41%가 ‘그렇다’고 대답하였으며, 교수집단의 경우는 이보다 높은 53%의 응답자가 자신들 연구결과를 교육용 도구 또는 교재로 상용화가 가능하다고 응답했다(그림 8).



(그림 8) 연구결과의 상용화 가능 여부 (교수집단)

융합환경이 개발될 경우 가장 효율적인 것으로 판단되는 분야로는 BT 분야(27%: 화학, 생물학 등), NT 분야(21%: 물리학, 재료공학 등), IT 분야(21%: 컴퓨터, 정보통신 등), ST 분야(16%: 기계, 항공우주 등)를 꼽았다(그림 9). “향후 국내에서도 IT 융합형 고등교육·연구 환경을 제공한다면 활용할 의사가 있으십니까?” 라는 질문에는 응답자의 87%가 사용하겠다고 응답하였다.



(그림 9) IT 융합형 고등교육·연구 환경으로 개발될 경우 효율적인 분야 (중복가능)

III. 교육·연구 융합환경 구축

1. 유체역학 교육·연구 융합환경(e-AIRS)

1) 연구 목표 및 내용

e-AIRS의 목표는 유체역학 분야의 교육을 지원하기 위한 기술을 개발하는 것과 연구성과를 교육에 중점적으로 적용 및 활용하는 것이다. 교육적 활용을 극대화하기 위해서 기존의 교육 서비스

에 대한 사용자들의 의견수렴이 일차적으로 필요했으며, 이를 바탕으로 새로운 교육 서비스 환경을 설계하여 개발되었다. 시스템에 포함된 연구내용은 다음과 같다.

- 교육적 활용의 극대화를 위한 다양한 CFD 해석자 개발
- 다분야 유체역학 교육을 위한 수치해석 전처리기의 개선
- 다양한 유체역학에 대한 이해 증진을 위한 웹 기반의 가시화 기술 개발
- 효과적인 교육 서비스 지원을 위한 Cyber Education 포털

2) e-AIRS 시스템의 주요 기능

전산유체역학 분야는 크게 3가지 서비스로 구성되며, 세부적으로 격자생성 서비스, 수치해석 서비스, 모니터링/결과 파일 가시화 서비스가 제공된다. 전산유체역학 분야 또한 크게 3개의 과정을 통하여 유동해석이 이루어지는데, 이는 전처리과정, 수치해석과정, 후처리과정으로 나눌 수 있다. 각각 3개의 서비스는 각각의 과정에 대한 서비스를 제공하게 된다.

3) e-AIRS를 활용한 유체공학 수업 활용

e-AIRS 시스템은 인터넷이 연결된 어느 곳에서나 연구를 수행할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 연구시스템으로의 뛰어난 접근성과 편리성은 연구의 편의성을 도모할 수 있을 뿐만 아니라, 교육 활용 가능성을 가질 수 있게 해준다. 이러한 장점을 살려, 지난 2007년 이후 전국 10개 이상의 대학의 유체역학 수업에서 본 시스템을 사용하였다. 학생들은 e-AIRS 시스템의 수치해석 서비스를 이용하여, 주요 물리현상에 대한 수치해석을 직접 수행하고 분석하였다. 또한 협업시스템을 이용하여, 풍동과 강의실 간의 화상회의를 통해 풍동실험에 대한 교육을 실시하였다.

2008년도에는 <표 4>와 같이 총 7개 대학 180여명의 수강생을 대상으로 실습 교육에 활용되었으며, 웹 포털 기반의 유체공학 교육을 통해 이론 위주의 강의를 탈피하여 학생들의 높은 관심과 호응을 얻을 수 있었다.

<표 4> 2008년 1, 2학기 수업 활용 통계

학기	참여대학	수강 학생수
1학기	서울대학교, 부산대학교, 창원대학교, 전북대학교, 경상대학교	80
2학기	서울대학교, 부산대학교, 건국대학교, 충남대학교	100

2009년에는 <표 5>와 같이 전국 9개 대학교, 13개 강의에서 수업에 적극적으로 활용하였으며, 이론 수업과 연계하여 Term Project를 부여하여 학생들이 물리적 지식을 쌓는데 도움이 될 수 있도록 하였다. e-AIRS를 활용한 수업을 진행한 후에 설문조사를 통해 사용자 의견을 수렴한 결과, 사용자 만족도는 약 77%로 좋은 반응을 얻었다.

<표 5> 2009년 1, 2학기 수업 활용 통계

	서울대	건국대	항공대	한양대	세종대	충남대	전북대	경상대	창원대	합계
1학기	56	-	-	41	-	-	31	-	-	128
2학기	55	19	70	-	-	32	-	35	33	244
합계	111	19	70	41	-	32	31	35	33	375

2. 계산화학 교육·연구 융합환경(ChemWorks)

1) 연구 목표 및 내용

화학 관련 교육은 크게 실제 실험을 통한 교육과 가상 실험실에서의 교육으로 분류할 수 있다. 이중에서도 가상화학 실험실은 각종 화학물질을 사이버 가상공간에서 마치 직접 실험하는 것처럼 시뮬레이션을 할 수 있는 환경을 제공해 주는 것을 말한다. 가상 계산화학 사이트는 분자 설계, 계산, 결과분석 등을 다양한 계산화학도구를 활용하여 수행할 수 있도록 사용자 편의를 제공할 것이며, 이러한 사이트를 구축하여 교육에 활용하는 것이 본 사업의 목적이다. 가상화학 실험을 위한 국내 계산화학 분야 교육을 지원하는 사이버 인프라 기반의 ChemWorks 플랫폼을 구축하여, 강사와 수강자가 원활하게 소통을 하면서 교육할 뿐만 아니라 관련한 교육정보를 전달하게 하고자 한다. ChemWorks 환경을 조속히 구축하여, 화학과 같은 기초 학문에 대한 교육을 활성화 시키는 도구로서의 활용이 무엇보다도 필요하다.

2) ChemWorks 시스템의 주요 기능

ChemWorks 시스템의 주요 기능을 설계하기 위해 사용자의 요구사항을 <표 6>에 정리하였으며, 각각의 사항에 대한 해결 방향을 제시하였다.

<표 6> 사용자 문제점 및 해결방안

구분	문제점 및 요구사항	해결방향
강의	o 개인용 PC의 성능한계로 제한된 분자식만 실습하는 제약 해제	o Cluster, GRID 또는 슈퍼컴을 이용할 수 있도록 지원
	o 컴퓨터 비전공자에게 Unix 명령어를 빠른 시간 내에 습득하게 하는 것은 관심도 저하로 인하여 학습 효과를 기대하기 어려움	o UNIX 명령어를 전혀 알지 못하더라도 계산화학을 실습할 수 있는 환경 제공
	o 매 강의마다 컴퓨터에 설치된 S/W를 점검해야하며, 매번 변경된 환경을 수정하고, 이전 강의에서 생성된 입력 파일, 출력 파일들을 삭제해야 함	o 프로그램 수행 환경을 네트워크를 통한 통합 환경으로 서버와 Cluster 또는 슈퍼컴퓨터에서 동작하도록 환경을 제공
	o 사용권 등의 제약으로 다양한 계산화학 도구를 활용할 수 있는 지식을 전달할 수 없음	o KISTI가 보유한 GAMESS, CHARMS, GAUSSIAN 등의 다양한 계산화학 도구를 사용할 수 있는 환경을 제공
응용 시스템	o 몇 개의 프로그램을 독립적으로 실행하면서 진행되는 실습 과정은 과정이 복잡하여 시간적으로 효율적이지 못함	o 하나의 프로그램을 실행하는 것처럼 통합된 환경을 웹을 통하여 제공
인프라 아키텍처	o 기존에 작성된 실험 데이터를 활용할 수 있는 방법이 없음	o 기존 데이터를 서버에서 보관하고 관리함으로써, 필요한 때에 사용될 수 있는 환경 제공

3) ChemWorks 시스템 설계 및 포털 시스템

ChemWorks 시스템의 소프트웨어 아키텍처 요구사항을 정리해 보면 아래와 같다. 이를 바탕으로 ChemWorks 베타 서비스 포털 사이트(<http://chemworks.kisti.re.kr>)를 구축하였다.

- 다양한 클라이언트 환경을 지원해야 한다.
- 다양한 분석도구 들을 손쉽게 통합할 수 있어야 한다.
- 대용량 분석 요구사항을 수용해야 한다.

4) ChemWorks 활용한 계산화학 수업 활용 계획

ChemWorks 시스템은 계산화학의 전 과정을 수행할 수 있는 통합도구로써 2010년 5월 중 시범 운영을 시작할 예정이며, 사용자와 친숙하고 다양한 교육 정보를 전달하는 포털과의 연계가 완료되는 9월 중순부터 본격적인 서비스가 가능할 것으로 예상된다. 2010년 베타테스트를 완료하고 2011년도부터는 학부 일반교양 화학 강의에서 계산화학 교과목의 실습에 활용할 예정이다. 동시에 학부 전공 강의에서 활용할 수 있도록 우수 연구성과를 선정하여 교육용 콘텐츠로 재가공한 후, 2012년에는 분자화학 등 전공과목의 강의에 활용할 예정이다. 2013년부터는 대학원 과정 강의에 활용될 수 있도록 좀 더 심도 있는 고급 콘텐츠 보강과 시스템 개선을 시도할 예정이며, 2015년부터는 일반화학 교양과정, 학부 전공, 대학원 연구, 전문 연구자의 연구 도구 등이 하나의 플랫폼으로 연계되어 활용될 예정이다.

IV. 기대효과 및 추진계획

1. 기대효과

국가 연구개발성과를 고등교육에 연계·융합하여 활용할 때 기대되는 정성적인 효과는 다음과 같다. 첫째, 대학, 출연(연) 등에 분산되었던 연구성과, 기술, 인프라 등 기초 과학기술 연구 역량을 집중시킴으로써 기존시스템보다 우월한 연구성과 도출이 가능하다.

둘째, 사이버 인프라 기반의 차세대 연구 환경에 부합한 인재 육성을 통한 극한기술 도전, 거대 과학 역량 제고, 연구 생산성 극대화 및 대형 글로벌 협업연구 참여기회 확대가 가능하다.

셋째, 언제, 어디서나 반복 학습, 현장감 있는 사이버 인프라 기반의 과학기술 교육·연구 융합환경 제공을 통해 원리 이해도 증진 및 지속적인 흥미 유발로 국내 이공계 기피현상 감소 및 학습 능력 증대에 기여할 수 있다.

넷째, 학·연이 유기적으로 협력하는 성공 모델 도출 및 협력 네트워크 구축을 통한 고등 과학기술 교육·연구 혁신으로 상호 시너지를 창출할 수 있다.

다섯째, 세계 최고의 과학·공학기술 분야 교육·연구 환경 구축 및 서비스를 제공하는 국가로서 고등 과학기술 교육·연구 경쟁력 제고가 가능하다.

여섯째, 학제 간 융합을 통한 국내 미개척 연구개발 분야의 획기적 발전기회 제공 및 신산업 창출이 가능하다.

일곱째, 사이버 기반의 차세대 교수·학습 방법 및 전략의 현장보급을 통한 고등 과학기술 교육·연구의 발전 및 실험·체험형 교육·연구의 혁신 가속화가 가능하다.

마지막으로 저개발국의 고등 과학기술 교육 환경개선을 위한 사이버 인프라 기반의 맞춤형 국제 고등 과학기술 교육 컨설팅 지원 및 산업화도 가능하다.

2. 추진계획

사업목표를 달성하기 위해서는 다섯 가지 요건을 만족해야 할 것이다. 첫째는 우수한 기초과학 및 공학분야와의 연계이며, 둘째는 안정화된 시스템을 핵심 사용자 이외에 일반 사용자에게 유용한 결과를 전달하려는 노력 여부이며, 셋째는 효율적이고 믿을 수 있는 사이버인프라 구조의 운영이고, 넷째는 최신 학문기법이나 기술의 포함 그리고 다섯째는 개방된 평가와 이용통계가 되겠다. 이것은 연구, 교육 그리고 슈퍼컴퓨터와 같은 사이버인프라의 우수한 세 가지 기능의 결합 기반으

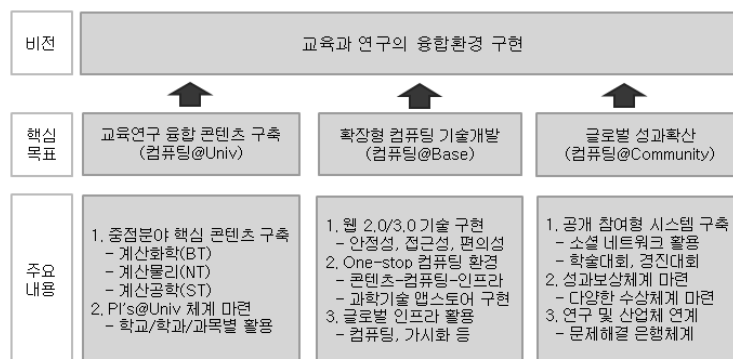
로 이루어져야 한다. 단계별 사업 목표 및 사업내용은 <표 7>과 같다. 본 연구는 3단계의 단계별 사업추진 계획을 수립하여 국가 차원의 안정적인 교육·연구 융합환경 구축 및 사용자 서비스 지원을 수행할 것이다.

<표 7> 단계별 사업 목표

단 계	구 분	연구개발 목표	연구개발 내용
1단계 (개발)	1차년도 - 3차년도	교육연구 융합시스템 기반 구축	<ul style="list-style-type: none"> 공학분야 컴퓨팅 시뮬레이션 교육연구 융합환경 구축 및 서비스 - 기계, 항공, 조선해양, 토목, 건축 계열의 계산 유체 및 계산구조 동역학 분야 이학분야 컴퓨팅 시뮬레이션 교육연구 융합환경 구축 및 서비스 - 화학, 물리, 생물 계열의 계산화학 분야 서비스 프레임워크 개발 - 서비스 환경개발 및 인프라 활용 - 개별적 환경의 통합 프레임 전환 구축기반 마련
2단계 (성장)	3차년도 - 5차년도	교육연구 융합시스템 확장	<ul style="list-style-type: none"> 공학분야 컴퓨팅 시뮬레이션 교육연구 융합환경 구축 및 서비스 - 기계, 항공, 조선해양 계열의 공학 설계 이학분야 컴퓨팅 시뮬레이션 교육연구 융합환경 구축 및 서비스 - 화학, 물리, 생물 계열의 계산물리 분야 서비스 프레임워크 개발: 전 분야 연계 체계 마련
3단계 (정착)	6차년도 - 7차년도	교육연구 융합시스템 정착	<ul style="list-style-type: none"> 상업화 방안 마련 및 적용 전 분야 연계시스템 정착 운영비 지원 실험, 이론 계열로 확대방안 마련

3. 추진체계 및 전략

현재 우리나라는 정부 및 산업체의 R&D 예산의 증가로 인해 과학기술 전 분야의 우수한 연구성과 창출이 이루어지고 있으나, 성과창출의 결과가 교육에 거의 활용되지 않고 있으며, 이공계 고등 교육은 매우 취약한 수준이다. 이를 극복하기 위해서 국가 고등교육 및 연구 경쟁력 강화를 위한 국가 사이버 기반의 가상 체험형 연구·교육 융합 시스템 구축 체계를 구성하여 추진한다. 컴퓨팅 기반의 교육과 연구의 융합환경을 구축하기 위해서는 대학교수와 학생들의 참여가 필수적이며, 이를 위해서는 교육연구 융합 콘텐츠 구축(컴퓨팅@Univ), 확장형 컴퓨팅 기술개발(컴퓨팅@Base), 글로벌 성과확산(컴퓨팅@Community) 등의 세부조직이 필요하다. 세부조직의 목표 및 내용은 (그림 10)과 같다.



(그림 10) 사업추진 세부조직의 목표 및 내용

V. 결론

20세기 태동된 IT 혁명은 21세기 들어 그 파급력을 더욱 높여가고 있으며, 이러한 물결은 자라나는 신세대의 행동 양식에 크게 영향을 미치고 있다. 그동안 국가가 지원한 많은 연구개발사업의 성과가 이공계 교육지원에 활용될 수 있다면 많은 BT, NT, ST 계열학과 학생들의 교육에 소요되는 소프트웨어 구매 비용에 대한 추가적인 지출 없이도 교육효과를 최대화할 수 있을 것이다. 동시에 연구성과를 실시간으로 공유할 수 있는 연구성과 포털 사이트를 구축하여 제공함으로써 관련분야의 연구를 촉진시킬 수 있을 것이다.

합리적 방안을 도출하기 위해 국가 연구개발과제의 성과를 조사 분석하고, 이들의 교육활용도를 분석하였으며, 이를 통해 이공계 분야 시뮬레이션 관련 소프트웨어 개발 과제, 해석기법 연구과제 등에서 연구·교육 연계 가능성을 확인하였다. 또한 성공적 연구·교육 연계 모델을 발굴하기 위해 국내외 연구·교육 연계 및 산업화와 관련된 조사를 수행하였으며, 현 여건과 각종 국내외 사례에 대한 종합적 분석을 기반으로, 성공적 연구·교육 연계 모델이 만족해야 할 요건과 이러한 요건을 만족시키기 위한 연구·교육 연계 모델의 구성요소 및 요구사항을 아래와 같이 도출하였다.

- ✓ 강력한 사용자 편의성을 갖춘 교육연구 융합환경(예: CAE 전후처리 등) 제공
- ✓ 사용자에게 개방성을 유지, 자료의 형태에 최대한 독립적인 환경으로 구성
- ✓ 피교육자 및 교육자가 참여할 수 있는 시스템(참여동기유발, 앱스토어 등)
- ✓ 기술센터의 지속적 설치를 통한 시스템 유지보수 및 개선
- ✓ 운영센터 설치운영을 통한 양질의 학습 콘텐츠 발굴/제작/지원
- ✓ 운영센터를 통한 연구·교육 연계 시스템의 지속적 홍보
- ✓ 공신력과 학문적 권위가 높은 기관에의 기술/운영 센터 설치 및 지속적 지원

또한 본 연구에서는 컴퓨팅 기법을 이용한 연구성과들을 교육에 활용하거나 또는 이학과 공학 자체를 전문가 및 비전문가들이 쉽게 사용할 수 있도록 하는 활성화 방법 및 필수 요건들도 제시하였다.

- ✓ 웹 기반 온라인 시뮬레이터를 통한 관련 지식의 이해도 향상
- ✓ N세대 학생들은 다양한 소프트웨어를 습득하거나 인터넷 기반의 네트워크에 매우 익숙
- ✓ 토론문화에 익숙하지 않은 학생들의 경우에도 네트워크 상에서는 활발한 수업 및 토의 가능

즉, 사이버 교육·연구 융합환경을 통해서 학생들에게 실제 실험 수업에서 제공하지 못하는 주체적인 학습 환경을 제공함으로써 N세대 학생들의 학업 성취도를 크게 향상시킬 수 있다. 하지만, 대부분의 대학에서는 고등교육 현장에서 사이버 교육연구 융합환경을 자체 개발하여 이를 교육에 이용하기까지 드는 시간과 비용을 지불할 여건이 되지 않기 때문에, (1) KISTI와 같은 국가 연구기관에서 교육용 소프트웨어의 개발 및 지속적 관리를 해주는 서비스를 제공하는 것이 새로운 교육방법 도입에 대한 성공 여부의 관건이라고 볼 수 있다. 다음으로는 (2) 고등교육을 위한 소프트웨어가 필요한데, 이는 기존의 계산 및 이론적 방법에서 사용되는 여러가지 소프트웨어를 사용할 수 있지만 이를 직접 수업에 사용하게 할 수 있는 적절한 사용자 인터페이스가 제공되어야 한다. 그리고 (3) 효율적으로 사용하기 위한(예를 들어 학생평가 시스템) 교육 제공자를 위한 솔루션도 함께 개발되어야 한다. 마지막으로, (4) 안정적으로 사용할 수 있도록 강사 및 조교들에 대한 정기적인 교육 및 지원이 뒤따라야 할 것이다.

컴퓨팅 기법을 이용한 계산과학공학 분야의 사이버 인프라 구축에 따른 연구성과들과 관련 소프트웨어들의 산업화 방안에 대해서도 살펴보았다. 현재 널리 사용되는 고부가가치 산업인 계산화학 관련 소프트웨어의 경우 국내에서 자체 개발된 경우가 거의 없는 실정이지만, 그러한 소프트웨어의 개발을 위해 소요되는 시간(5~10년)을 고려할 때, 전산관련 학문분야에 대한 소프트웨어의 국

산화 및 산업화를 위해서는 보통의 연구지원 사업과는 달리 안정적인 인건비를 장기간 투자할 수 있는 국가적 의지가 필요하다.

참고문헌

- 김권희(고려대), 창의적 기계설계 능력향상을 위한 학부교육 개선방안, 기계저널 제39권 제6호
- 김용식, "PC 클러스터 기반의 가상 공장 시뮬레이션을 위한 다채널 가시화 모듈의 설계 및 구현", 2004.
- 박성환(기계연), 이재경(기계연), 조귀목(부품디비), 한순홍, "협업기반 설계통합 시스템 개발 - 초 대형 해상 구조물에의 적용", 한국CAD/CAM학회 논문집, 13(6), 2008.12.
- 변옥환, e-Science기반 고성능 테스트베드망 구축 개발연구, 한국과학기술정보연구원, 2003.
- 산업체 수요조사에 따른 IT융합기술 교육체계 구축방안 연구, KAIST IT 융합연구소, 2008.11
- 안부영, 계산과학 동향조사 보고서, 한국과학기술정보연구원, 2010.
- 조금원, 글로벌 OptiPlanetCollaboratory 환경구축 및 시범연구, 한국과학기술정보연구원, 2008.
- P. W. Atkins and J. de Paula, Physical Chemistry, Oxford University Press, New York, 2006.
- T. Engel, Quantum Chemistry & Spectroscopy, Pearson, San Francisco, 2006.
- Felder, R. M., Foreward in Design better Engineering Education Through Assessment. J. E. Spurlin, S. A. Rajala, & J. P. Lavelle (eds.), 2008.
- A. M. Halpern, "Structural and Thermodynamic Properties of the Argon Dimer A Computational Chemistry Exercise in Quantum and Statistical Mechanics," JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION 87, 174, 2010.
- M. D. Hanwell, D. E. Curtis, and G. R. Htchison, "CHED 109-Avogadro: An integrated approach to teach computational chemistry modeling, simulation and visualization," ABSTRACTS OF PAPERS OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY 236, 2008.
- M. Hanwell and G. Htchison, "Avogadro: Free, Open Source, Cross-Platform Computer Program for Building Molecules and Visualizing Structure," APS March Meeting 54, 2009.
- I. N. Levine, Physical Chemistry, 6th ed., McGraw Hill, Boston, 2009.
- Moore G. Raucent B. Hernandez A. Bourret B. Marre D., What can Teachers learn from what students say about PBL? In Graaff E, Saunders-Smith G. N. Nieweg M. R. (Ed.)(2005). Research and Practice of Active Learning in Engineering Education. Pallas Publication, 2005.
- J. C. Paniagua, F. Mota, A. Sole, and E. Vilaseca, "Quantum chemistry laboratory at home, JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION 85, 1288, 2008.
- Vest, C. M., "Engineering Education for the 21st Century". ASEE Annual Conference main plenary presentation, 2008.
- A multidisciplinary engineering summer school in an industrial setting, European Journal of Engineering Education Vol. 34, No. 6, 511 - 526, p.52, 2009.12.
- Active learning and reflection in product development engineering education, European Journal of Engineering Education Vol. 32, No. 2, 125 - 133, 2007.05.
- An evaluation of industrial placement in engineering programmes: a case in Turkey, European Journal of Engineering Education Vol. 33, No. 1, 33 - 43, 2008.03.
- Collaborative Web-Based Experimentation in Flexible Engineering Education, IEEE

- TRANSACTIONS ON EDUCATION, VOL. 48, NO. 4, 2005.11.
- Editorial: Future of Engineering Education, Mujumdar, Arun S., 'Editorial: Future of Engineering Education', *Drying Technology*, 27: 5, 627-628, 2009.
- Enhancing creativity and innovation in engineering education, *European Journal of Engineering Education* Vol. 32, No. 5, 573 - 585, 2007.10.
- Innovation in engineering education based on the implementation of e-education, *European Journal of Engineering Education* Vol. 32, No. 2, 193 - 202, 2007.05.
- Integrating the development of continuous improvement and innovation capabilities into engineering education, *European Journal of Engineering Education* Vol. 32, No. 2, 181 - 191, 2007.05.
- Product design engineering - a global education trend in multidisciplinary training for creative product design, *European Journal of Engineering Education*, 2009.