

정책연구 2007-7

융합기술 확산과 인력개발전략 기초연구

황규희 박 동 홍선이

 KRIVET 한국직업능력개발원

머 리 말

지난 반세기 동안 한국사회는 괄목할 만한 사회발전을 성취하였으며, 그 핵심 요인은 우수한 인적자원에 기초한 성공적인 기술개발이라고 여겨진다. 이제 한국은 개발도상국수준을 경과하며, 글로벌 경쟁의 선두에서 21세기를 맞이하고 있다. 사실 그간의 기술개발은 선진기술의 모방 속에 따라잡기에 집중된 측면이 있는데, 이제 한국은 더 이상 모방 기술에 의존할 것이 아니라 창조적 기술개발을 요청받고 있다. 이러한 가운데 근래 인적자원개발에서의 핵심 화두는 창조적 능력이며, 이러한 능력을 보유한 인력을 어떻게 양성할 것인지, 어떻게 양성을 촉진할 것인지에 국가적 관심이 모아지고 있다.

본 연구는 근래 기술변화의 주된 흐름으로의 융합기술현상에 주목하며 융합기술확산에 대응한 인력양성방안을 모색하고 있다. 융합기술만으로 새로운 기술이 등장하는 것도, 융합기술이 모두 새로운 기술을 의미하는 것도 아니지만, 대체로는 융합기술의 등장과 확산이 새로운 기술의 등장과 밀접하다고 할 수 있는데, 본 연구에서 다루는 융합기술확산에 대응한 인력양성은 매우 시의성 있는 연구이다.

본 연구에서 흥미로운 것은 융합기술의 확산에서 지식의 속성이 어떻게 바뀌는지에 대한 이론적 검토에서 출발하여, 교육현장에서의 융합기술확산에 대응한 인력양성 실태와 추진방안을 분석하고, 나아가 현장에서의 융합기술 관련 경력이동 및 융합기술흡수 경로를 분석하고자 한 것이다. 현재의 연구는 현재의 기술수요에 대한 직접적인 대응으로의 맞춤형 교육보다는 기초학습능력 강화를 전제로 현장학습기회를 확보하는 것이 효율적임을 시사한다. 기술융합에 대응하기 위해서는 다학문적 숙련과 지식에 접근하고, 상호 커뮤니케이션이 활성화 될 수 있는 교육 및 훈련 시스템이 정비될 필요가 있다는 점을 지적한다. 또한 융합기술의 발전이 가속화되고, 기존 지식의 진부화

가 빠르게 진행될수록 현장학습의 중요성이 증대하는 한편, 정규교육은 이후 지속적으로 현장에서 새로운 기술 습득을 위한 기반으로의 성격이 강화될 것을 예상하고 있다. 이는 기업 수요중심의 맞춤형 교육이 지속적인 학습능력을 위한 기초학습능력에 기반하지 않는다면, 지속성을 가질 수 없음을 의미한다.

본 연구는 현재 일각에서 제기되는 맞춤형 교육 혹은 특성화 교육 등의 주장에 대한 근본적인 문제제기를 하도록 한다. 맞춤형 교육 혹은 특성화 교육은 기반교육으로의 학교교육의 성격을 간과하게 하며, 현장에서의 학습에 중장기적으로는 불리하게 작용할 것으로 보기 때문이다. 하지만 연구결과는 후속 연구 등에서 좀더 검증되어야 할 것이다. 관련한 선행연구가 국내외에 일천한 가운데, 본 연구는 기초연구로서의 성격을 가지며 향후 이에 대한 본격적인 분석연구가 이어져야 할 것이다. 현재의 본 연구에 기반한 정책 시사 등은 우리 원의 공식의견을 대변하는 것이 아닌 연구진의 견해를 밝힌다.

본 연구는 한국직업능력개발원 2007년 기본연구 2007-6번으로 진행되었으며 황규희 박사를 책임자로 하여, 박 동 박사, 홍선이 박사가 참여 하였다. 연구진의 노고를 치하한다.

2007년 11월

한국직업능력개발원
원 장 이 원 덕

목 차

요 약

제1장 서론

제1절 연구 필요성 및 목적 · 1

제2절 연구 방법 · 4

제2장 기술 융합 관련 연구

제1절 기술 융합 관련 해외 연구 · 7

제2절 융합인력 관련 국내 연구 · 19

제3장 융합기술과 인력 양성: 이론적 검토

제1절 융합기술 개념 및 추이 · 23

제2절 지식형성 · 36

제3절 융합기술과 지식형성 · 43

제4장 융합기술과 인력양성: 각국 동향

제1절 미국 · 49

제2절 유럽 · 57

제3절 기타 · 61

제5장 한국의 융합인력양성

제1절 융합인력양성의 필요성과 현황 · 67

제2절 대학의 융합인력 양성 사례 · 71

제3절 한국정보통신대학교 융합인력 양성을 위한 발전 모델 · 91

제6장 IT융합인력 양성방안 수립을 위한 기초분석

제1절 분석 배경 · 107

제2절 분석 방법 · 108

제3절 조사 개요 및 기초 통계 · 112

제4절 분석 · 121

제5절 분석결과와 시사점 · 134

제7장 결 론

제1절 융합기술인력 양성 방안과 과제 · 137

제2절 융합기술인력 양성관련 후속 연구 과제 · 139

SUMMARY · 143

<부록 1> 설문 조사지 · 147

<부록 2> 인터뷰 조사 · 155

<부록 3> 기술 융합 관련 연구에서 나타나는 용어해설 · 159

참고문헌 · 171

<표목차>

- <표 II-1> 2020년대 기술융합 전망 · 28
- <표 II-2> 시장의 요구와 나노-생명-정보-인지 과학기술 발전의 격차 · 34

- <표 III-1> 미국의 나노-생명 연구소 · 56

- <표 IV-1> 성균관대 반도체학과의 주요 교육과정 · 72
- <표 IV-2> 성균관대 휴대폰학과의 교육 과정 및 연구분야 · 74
- <표 IV-3> 충남 디스플레이 인력양성 사업단의 주요 내용 · 76
- <표 IV-4> KEPSI 모집 인원 및 모집 예상인원 · 80
- <표 IV-5> KEPSI의 주요 교과과목 · 82
- <표 IV-6> EPSS 모집 인원 및 모집 예상 인원 · 84
- <표 IV-7> EPSS 주요 교과목과 교과 내용 · 85
- <표 IV-8> 혼이음의 표준교과과정 · 87
- <표 IV-9> 혼이음을 프로젝트 수, 참여 멘토, 참여 멘티 · 89
- <표 IV-10> 참여 멘토 및 참여 학과 지역별 분포 · 90
- <표 IV-11> 혼이음 사이트 회원수 · 90

- <표 VI-1> 설문조사 모집단 · 113
- <표 VI-2> 업체별 분류 · 114
- <표 VI-3> 업무별 분류 · 115
- <표 VI-4> 전공별 분류 · 116
- <표 VI-5> 성별 업체분류 · 117
- <표 VI-6> 성별 현 직장 업무 대분류 · 118
- <표 VI-7> 업체별 학력분류 · 120
- <표 VI-8> 기술습득 경로 · 122

iv 표목차

<표 VI-9> 학습경로 변화 패턴 · 125

<표 VI-10> IT 전공자 학습경로 변화 패턴 · 127

<표 VI-11> 비 IT 전공자 학습경로 변화 패턴 · 129

<표 VI-12> 연관규칙 마이닝 방법을 이용한 전·현 직장의 업무 변화 추이 · 132

[그림목차]

- [그림 III-1] 융합기술 교육의 깊이와 폭 · 51

- [그림 IV-1] 학습 성과에 대한 평가(100점 만점): 2007년 · 69
- [그림 IV-2] 디스플레이-반도체 물리학과와의 비전 · 77
- [그림 IV-3] KEPSI의 산학 연계 모델 · 81
- [그림 IV-4] ESPP의 산학 연계 모델 · 84
- [그림 IV-5] EM 트랙 교과과정 · 89
- [그림 IV-6] 기초과학 및 융합기술 트랙의 학습내용 · 92
- [그림 IV-7] UCSC의 생물정보학 학사교육과정 · 101
- [그림 IV-8] 융합인력 양성을 위한 발전 모델 · 103

- [그림 VI-1] 데이터 마이닝(Data Mining) 개념도 · 108
- [그림 VI-2] 데이터 마이닝을 통해 얻어진 정보(지식)의 예 · 109
- [그림 VI-3] 의사결정 나무의 예 · 112
- [그림 VI-4] 기술습득 경로별 분포 · 123
- [그림 VI-5] 학위취득시기별 의사결정나무 · 133

【요약】

20세기 후반에 정보기술의 비약적인 발전 이후, 21세기 초반인 현재 나노기술, 정보통신기술, 바이오기술 등을 중심으로 급속한 기술융합이 이루어지고 있으며, 이에 따라 사회경제 전 분야에 걸쳐 커다란 변화가 예상되고 있다. 과거의 독립적인 산업 및 학문 역시 빠른 속도로 융합이 진행되고 있으며, 이에 따라 새로운 시장이 창출되고, 새로운 연구영역이 등장하고 있다. 이러한 변화에 따라 융합기술발전의 흐름에 대응할 수 있는 인력 양성의 필요성이 제기되면서 ‘융합기술에 대응한 인력 양성’에 관련 연구도 긴요한 실정이다.

융합기술에 대응한 인력양성 및 활용을 위해서는 융합기술의 진행에서 지식의 속성이 어떠한 변화를 가지는지, 또한 특정한 속성의 변화가 존재한다면 새로운 속성을 포함한 지식의 생성과 습득은 어떠한 과정을 통해 달성될 수 있는지가 규명되어야 한다. 이는 융합기술 확산에 대응한 지식의 성격에 대한 이론적 작업과 함께, 지식 형성 및 습득의 경로에 대한 구체적인 실증 분석을 요구하고 있다.

융합기술의 진행 및 확산이 지식의 속성을 바꾼다는 전제(proposition) 아래, 다음의 연구가설이 제시될 수 있다.

가설 1: 기존의 지식 생성은 이전의 분리된 지식들의 이전(transferring)과 결합(combination)으로부터 이루어졌지만, 융합기술 확산에서의 지식생성은 지식생성자의 타 부문 지식과의 의사소통(communication)과 상호흡수(co-absorption)능력에 기초한다.

가설 2: 융합기술 확산에서 지식생성 뿐 아니라 지식습득에서도 의사소통(communication)과 상호흡수(co-absorption)능력이 핵심적이며,

이의 배양을 위해서는 현재의 기술수요에 대한 직접적인 대응으로의 맞춤형 교육보다는 기초학습능력 강화를 전제로 현장학습기회를 확보하는 것이 보다 효율적이다.

본 연구는, 연구가설 1에 대해서는 이론적 검토를 통하여 해명하고자 하였으며, 연구가설 2에 대해서는 IT인력을 대상으로 한 실증분석을 통하여 입증하고자 하였다. 그러나 현재의 연구에서 이론적 분석과 실증적 분석은 본 연구가설에 대한 엄밀한 검증으로는 만족스럽지 못하며, 보다 엄격한 분석을 위한 기초작업으로서의 성격을 갖는다.

기초연구로서의 한계를 가지면서 본 연구가 제시할 수 있는 시사점은 학제간(interdisciplinary), 더 나아가 다학문적(multidisciplinary) 기술진보에 대응하기 위해서는 다학문적 숙련과 지식에 접근하고 상호 커뮤니케이션이 활성화될 수 있는 교육 및 훈련 시스템이 정비될 필요가 있다는 것이다. 또한 융합기술의 발전이 가속화되고 기존 지식의 진부화가 빠르게 진행될수록, 현장학습의 중요성이 증대하는 한편, 정규교육은 이후 지속적으로 현장에서 새로운 기술 습득을 위한 기반으로서의 성격이 강화될 것으로 판단된다.

이는 기업 수요중심의 맞춤형 교육이 지속적인 학습능력을 위한 기초학습능력에 기반하지 않는다면 지속성을 가질 수 없다는 사실을 의미한다. 융합기술의 발전이 가속화되고 기존 지식의 진부화가 빠르게 진행될수록, 현장학습의 중요성이 증대하는 한편, 학교교육은 이후 지속적으로 현장에서 새로운 기술 습득을 위한 기반으로서의 성격이 강화될 것이다. ‘현장학습의 중요성 증대와 기반 교육으로의 학교교육’이라는 것은, 현재 일각에서 제기되는 맞춤형 교육 혹은 특성화 교육 등의 주장에 대한 심각한 문제제기를 하게 한다. 맞춤형 교육 혹은

특성화 교육은 기반교육으로서 학교교육의 중요성을 간과하게 하며, 현장에서의 학습에 대해 중·장기적으로 불리하게 작용할 것이기 때문이다.

본 연구의 궁극적인 목적은 기술융합의 확산에 대응한 인력양성 방안을 제시하는 것이다. 그러나 현재의 연구는 기술융합의 확산에 대응한 인력양성 방안의 본격적이고 구체적인 제시에 앞선 기초연구로서의 성격 혹은 한계를 가진다. 애초에는 본 연구에서 IT기반 융합기술을 중심으로 시범적인 형태로나마, 미래적인 관점에서 융합기술인력에서 요구하는 자질에 대한 분석과 기존인력에서 융합기술확산에 대한 대응행태 (직무이동 및 학습경로) 등의 분석을 수행하고자 하였다. 그러나 연구과정 속에 융합기술인력에 요구되는 자질에 대한 분석은 포함되지 못하였고, 융합기술확산에 대한 대응행태 (직무이동 및 학습경로) 등의 분석도 만족스럽게 이루어지지 못하였다.

기술융합의 확산에 대응한 인력양성 방안을 보다 체계적으로 논의하기 위해서는, 본 연구에 포함된 ICU의 발전 모형 사례와 같이 내부 역량 및 외부여건 변화에 대한 내부의 진단을 포함하는 한편, 금번 연구에서 누락된 미래적인 관점에서 융합기술인력에 요구되는 자질에 대한 분석과 기존인력에서 융합기술확산에 대한 대응행태 (직무이동 및 학습경로) 등의 분석이 포함되어야 할 것이다.

제1장 서론

제1절 연구 필요성 및 목적

20세기 후반에 정보기술의 비약적인 발전 이후, 21세기 초반인 현재 나노 기술, 정보통신기술, 바이오기술 등을 중심으로 급속한 기술융합이 이루어지고 있으며, 이에 따라 사회 경제 전 분야에 걸쳐 커다란 변화가 예상되고 있다. 과거의 독립적인 산업 및 학문 역시 빠른 속도로 융합이 진행되고 있으며, 이에 따라 새로운 시장이 창출되고, 새로운 연구영역이 등장하고 있다. 이러한 변화에 따라 융합기술발전의 흐름에 대응할 수 있는 인력 양성의 필요성이 제기되면서 ‘융합기술에 대응한 인력 양성’ 관련 연구도 요청되고 있다.

하지만 국내·외를 막론하고, 어떻게 융합연구를 체계적으로 수행할 것인지, 융합기술에 대응한 인력양성을 어떻게 수행할 것인지에 대한 구체적이고 체계적인 연구가 아직 마련되지 못한 상황이다. 융합기술에 대응한 인력양성의 기초를 마련하기 위해서는, 융합기술의 진행에서 필요한 인력의 속성 혹은 지식의 속성이 무엇이며, 이러한 속성이 융합기술의 진행 이전과 이후에서 어떠한 차이가 나는지, 만일 새로운 속성이 있다면 이를 허용하기 위하여

인력양성이 어떻게 조정되어야 하는지 혹은 새롭게 만들어져야 하는지를 밝혀야 할 것이라는 점에서 그러하다.

다만, 현재 미국과 유럽에서는 나노 기술을 중심으로 한 융합기술 개발 전략에 대한 논의가 상당히 진척되고 있는 가운데, 미국의 경우 다음과 같은 관련 정책 방향이 제시되고 있다(Roco, 2005). 첫째, 기초 연구에 초점을 맞출 것을 강조하고 있다. 둘째, 다양한 분과 학문이 연구에 참여하며, 관련 영역이 중첩되어 있으므로 상호 관계를 조정하는 역할이 중요하다는 측면에서 정책적인 개입과 파트너십의 중요성을 제시한다. 셋째, 융합 기술에 대한 비전을 바탕으로 R&D 우선순위를 결정하고, 기술 활용 계획을 수립해야 하며, 단기 기술 발전을 장기적인 R&D 기회와 사회적 활용으로 연결시킬 수 있어야 함을 강조한다. 넷째, 인력 확보의 중요성을 언급하며, 다양한 연구 분야와 현장에서 새로운 세대의 숙련 인력을 교육 훈련시키고 활용하는 것이야말로 융합 기술을 빠르게 발전시키는 데 핵심적인 요소가 될 것임을 제시한다. 이와 관련하여, 융합기술에 대한 인력양성과 활용의 중요성을 제시하나, 그 구체적 방안은 아직 모색 중인 상황이다. 다섯째, 융합 기술이 생산성을 향상시켜 상업적으로 활용될 수 있음과 동시에, 인류의 부, 건강, 지속 가능성, 평화를 위한 연구라는 것이 대중에게 인식되어야 한다. 여섯째, 다른 주요한 과학 및 공학 발전을 인식하고 이를 활용해야 한다.

유럽은 융합 기술에 대해 미국보다 포괄적인 접근을 시도하고 있다. 유럽의 정책 방향은 기술개발이 지속가능한 발전이라는 목표 아래 이루어져야 하며, 기술적 발전 뿐만 아니라 사회 경제적 차원의 문제도 동등하게 고려해야 한다는 것이다. 이에 따라 정보와 지식에 대한 접근 문제와 이것이 사회 경제의 혁신 능력에 미치는 영향을 충분히 고려해야 함을 강조하고 있다. 이는 기회 접근의 차원에서 평등성과 정의의 문제이며, 이를 바탕으로 개인의 학습과 사회적, 정치적 참여 능력에 관한 문제도 함께 고려해야 한다는 것이다(Bible 2004, 7). 이러한 논의 속에 유럽의 융합기술연구는 교육훈련의 중

요성을 역설하는 것으로 간주될 수 있을 것이나, 그 구체적 방안이 체계적으로 마련되고 있는 것은 아니다.

한국은 이공계 인력양성을 중심으로 정부정책과 일부 대학에서 융합기술 인력 양성에 대한 고려가 이루어지고 있으나, 융합기술에 대응한 인력양성을 어떻게 수행할 것인지에 대한 구체적인 분석에 기초한 것은 아니다. 그보다는 현재 이공계 인력양성에서 우수인력 확보의 문제, 배출된 인력에 대한 산업계 불만의 문제 등에 대한 대응의 성격을 가진다. 융합기술에 대응한 인력양성방안은 이공계 인력양성의 일부인 한편, 미래로부터의 인력자질에 대한 요구에 부응한다는 측면에서 그 중요성이 더욱 커진다.

융합기술에 대응한 인력양성 및 활용을 위해서는, 융합기술의 진행에서 지식의 속성이 어떠한 변화를 가지는지, 또한 특정한 속성의 변화가 존재한다면 새로운 속성을 포함한 지식의 생성과 습득은 어떠한 과정을 통해 달성될 수 있는지가 규명되어야 한다. 이는 융합기술확산에 대응한 지식의 성격에 대한 이론적 작업과 함께, 지식 형성 및 습득의 경로에 대한 구체적인 실증 분석을 요구할 것이다.

융합기술의 진행 및 확산이 지식의 속성을 바꾼다는 전제(proposition) 아래 다음의 연구가설이 제시될 수 있다.

가설 1: 기존의 지식 생성은 이전의 분리된 지식들의 이전(transferring)과 결합(combination)으로부터 이루어졌지만, 융합기술 확산에서의 지식생성은 지식생성자의 타 부문 지식과의 의사소통(communication)과 상호흡수(co-absorption)능력에 기초한다.

가설 2: 융합기술 확산에서 지식생성 뿐 아니라 지식습득에서도 의사소통(communication)과 상호흡수(co-absorption)능력이 핵심적이며, 이의 배양을 위해서는 현재의 기술수요에 대한 직접적인 대응으로의 맞춤형 교육보다는 기초학습능력 강화를 전제로 현장학습기회를 확보하는 것이 보다 효율적이다.

본 연구에서는 가설 1에 대한 이론적 검토와 가설 2에 대한 실증적 분석을 수행하고자 한다. 이러한 작업을 통해, 융합기술에서의 인력양성 방향 및 방안을 모색한다. 본 연구는 2장에서 융합기술 및 융합기술인력에 대한 기존 연구를 간략히 살펴보고, 3장에서 융합기술 확산과 이에 대한 인력양성에서 제기되는 사항에 대한 이론적 분석을 수행한다, 4장에서는 융합기술확산에서 나타나는 각국의 인력양성 관련 현황 및 정책을 검토하였으며, 5장에서는 한국의 융합기술인력양성의 현황 및 개선 노력을 살펴보았다. 6장에서는 융합기술인력양성의 구체적인 방안마련의 기초작업으로서, 융합기술인력에 요구되는 자질에 대한 분석과 기존인력에서 융합기술확산에 대한 대응행태(직무이동 및 학습경로) 등의 분석을 수행하였다. 그런데 이러한 분석은 조사자료의 한계로 만족스러운 분석결과에는 이르지 못하였으며, 융합기술인력양성을 위한 분석방법론을 시도한 것으로 간주되어야 할 것이다. 이에 따라, 본 연구는 본격적인 융합기술인력양성 연구를 위한 기초연구 혹은 선행연구로서의 성격을 가진다. 7장에서는 본 연구에서 찾아진 시사점과 함께 후속연구를 위한 연구개선과제를 제시한다.¹⁾

제2절 연구 방법

본 연구는 융합기술 확산과 이에 대한 인력양성에서 제기되는 사항들에 대한 이론적 분석의 수행, 융합기술확산에서 나타나는 각국의 인력양성 관련 현황 및 정책 검토, 한국의 융합기술인력양성의 현황과 개선방안 모색 등을 수행함에 있어서 문헌분석, 교과과정분석, 인터뷰, 설문조사 등을 포괄적으로 활용한다.

구체적인 인력양성의 방향과 방안을 마련하기 위해서는, 다음의 세 가지 사항이 필수적이다.

1) 본 연구는 기초적인 이론작업과 시범적인 실증분석의 수준으로서 본격적인 연구에 앞선 기반연구로서의 성격을 가진다.

- 첫째, 융합기술의 추이와 이에 대응한 인력양성에 대한 검토가 필요하다. 선진각국을 중심으로 융합기술 확산에 대한 대응노력이 인력양성을 포함하여 이루어지고 있다. 융합기술 확산에 대한 추세와 이에 대한 각국의 대응을 검토하고 이로부터 시사점을 찾아볼 필요가 있다.
- 둘째, 그간 한국에서 진행된 융합기술 확산에 대응한 인력양성방안의 현황 및 관련 연구를 검토할 필요가 있다. 구체적 사례로서 특성화 학과 설치, 기존학과에서 융합학과로의 변신, 산학협력에 의한 현장수요의 반영 등, 그간 진행된 제반 사례를 구체적으로 검토할 필요가 있다. 사례별 교육과정 유형을 구분하고, 구체적인 인력양성 프로그램을 분석한다.
- 셋째, 현장에서의 기술능력 배양 현황 및 필요기술능력 배양을 위한 학습형태 및 경력이동 행태를 분석한다.

그러나 이러한 구체적인 분석에 선행하여, 융합기술에 있어서의 인력양성 문제에 대한 이론적 검토가 필요하며, 이를 위하여 기술변화와 인력의 조응 문제를 중심으로 기존연구에 대한 분석을 수행한다. 한편, 선진각국의 융합기술 확산에 대응한 인력양성 실태분석도 기존 연구 및 관련 문헌에 기초하여 수행하기로 한다.

한국에서 진행된 융합기술 확산에 대응한 인력양성방안에 대한 분석은 기존 관련 연구 뿐만 아니라, 융합기술프로그램의 구체적 사례들을 분석하기로 하며, 교과과정에 대한 분석 및 대학 관계자 등의 심층인터뷰를 포함하여 구체적인 현황과 개선 필요사항을 조사분석하기로 한다.

현장에서의 기술능력 배양 현황 및 필요기술능력 배양을 위한 학습형태 및 경력이동 행태를 분석하기 위해서는 상세한 정보가 요청된다. 이에 대하여 20개 기업 총 161명의 현장근로자로부터 설문조사를 수거하고 이를 분석하였다.²⁾

2) 그러나 본 조사는 그 규모가 크지 않기 때문에 분석결과가 충분히 만족스럽지 못하다. 이에 따라, 본 조사분석은 향후 본격적인 융합기술인력양성연구의 기초연구 혹은 선행연구로서의 한계를 가진다.

제 2 장 기술 융합 관련 연구

제1절 기술 융합 관련 해외 연구

근래 융합기술에 대한 논의가 급속히 진행되고 있는 가운데, 본 절에서는 융합기술에 대한 연구를 소개하기로 한다.³⁾

가. 융합기술 통서

- 1) Wilson, E. O.(1998), *Consilience: The Unity of Knowledge*. New York: Knopf.
(국역: 장대익, 최재천 역, 통섭-지식의 대통합, 사이언스 북스)

Wilson⁴⁾은 저명한 곤충학자로서, 사회생물학이라는 융합 학문의 발전에 기여 했으며, 동물의 행위 뿐 아니라 인간의 문화까지 연구 범위를 넓혀가고 있다. 본 연구는 가장 엄밀한 물리 과학의 진보적 통일을 출발점으로 삼아, 생물학과 행동 과학이 어떻게 이 통섭과정(Consilience)에 참여하는지 설명

3) 본 내용들은 Annals of the New York Academy of Sciences, 2006년 12월 「융합의 진보: 인간 삶의 질 향상을 위한 기술」 부록을 정리한 것이다.

4) Wilson은 개미연구로 유명한 최재천 교수의 지도교수이다.

하고 있다. 나아가 이러한 통일이 사회 과학과 인문학까지 나아갈 수 있는 지를 검토한다.

본 연구의 내용은 문학적이며 철학적이다. 또한 모든 인류 문화가 융합하게 되는 경우 종교는 외톨이 신세가 될 가능성이 있다는 심도 깊은 문제까지 다루고 있다. 저자는 유년기에 종교적 영향을 받았지만, 결론에서 과학적 진보가 자외에 의한 무신론으로 이어질 것이라고 말하고 있다. “우리는 종으로서 우리 자신에 대해 많은 것을 알게 되었다. 우리는 인류가 어디에서 왔으며, 무엇인지 더 잘 이해하게 되었다. 호모 사피엔스는 다른 생물과 마찬가지로 스스로를 만들어내었다(self-assembled). 그러므로 우리가 여기에 있게 된 것은, 그 누군가 이러한 조건으로 이끌어주어도 아니고, 우리의 어깨 너머에서 지도를 받아서도 아니다. 우리의 미래는 전적으로 우리에게 달려 있다.”(p. 297)

2) Damasio, A. R., A. Harrington, J. Kagan, B. S. McEwen, H. Moss, and R. Shaikh(eds.)(2001), *Unity of Knowledge: The Convergence of Natural and Human Science*, New York: Annals of the New York Academy of Sciences.

본 회보는 Wilson의 통섭(Consilience)에 영감을 얻어 개최된 학회의 결과로, Wilson이 직접 기초연설을 했다. 수록된 논문은 생약학, 정신학, 인성 결정에 관한 생물학적 요소, 관련 심리학의 유사 주제를 다루고 있다. 일부 저자는 선천성 대 양육(the nature versus nurture) 논쟁을 넘어서 인간 행동을 설명하기 위해 유전 형질과 환경을 통합시킬 수 있는 방법을 모색하고 있다. 모든 저자가 과학의 통일에 대한 잠재성을 열성적으로 바라보고 있지는 않다. 마지막 논문은 교육문제를 다루고 있다.

나. 나노 단위의 과학과 기술

1) Siegel, R. W., E. Hu and M. C. Roco(eds.)(1999), *Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer. (<http://www.wtec.org/loyola/pdf/nano.pdf>)

1996년부터 1998년까지 8명의 패널로 구성된 나노 과학, 공학, 기술 각 기관 연구 그룹이 미국, 일본, 독일, 스웨덴, 러시아를 방문하고 워크숍을 가지며 전세계 나노과학의 진전단계를 점검했다. 이들은 수집한 각국의 자료로부터 정보를 분석하고 본 보고서를 작성하였다. 본 보고서는 다음의 네 가지 사항을 목표로 삼았다. (1) 나노 분야의 광범위하게 포괄적이며 중요한 견해를 전 세계 과학 및 공학 연구자들에게 제공한다. (2) 앞으로 전망이 있는 연구 및 산업 분야를 파악한다. (3) 나노 구조 연구자 집단의 학제간 국제 공동체 발전을 자극한다. (4) 국제 협력의 기회를 확인하고 이를 증진시킨다.

2) Roco, M. C., R. S. Williams and P. Alivisatos(eds.)(2000), *Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer. (<http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Research.Directions>)

이 보고서는 1999년 1월 27일부터 29일까지 열린 워크숍을 기반으로 하고 있다. 이 보고서는 연구 수요와 기회에 대한 광범위한 조사에 기반하여, 나노기술 우위 전략(NNI: the National Nanotechnology Initiative)에 방향을 제시하는 다수의 제안을 담고 있다. 생물학, 의학, 보건 분야에서의 응용을 다룬 장이 있다. IT 기술과 관련하여 컴퓨터 시뮬레이션과 나노전자공학에 관한 광범위한 내용도 수록되어 있다. 본 보고서의 초반부는 일반 대중에게 나노기술의 기본적인 개념을 소개하고 있으며, 후반부는 미 연방 정부의 연관 업무를 기술하고 있다.

3) Postek, M. T. and R. J. Hocken(eds.)(2006), *Instrumentation and Metrology for Nanotechnology*, Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office.

이 보고서는 2004년 1월 27일부터 29일까지 열렸으며, 미국 국립 표준 및 기술 재단(National Institute of Standards and Technology)이 주관한 NNI 워크숍을 기반으로 하고 있다. 측정 표준과 새롭고 더 정확한 측정 도구를

촉진하는 것을 목표로 하고 있다. 각 장은 특정 분야에서 중요한 다음 이슈 5가지를 다루고 있다. (1) 나노화(나노단위 구조 및 물질에 대한 묘사), (2) 나노공학(나노 구조의 동태적 성격을 결정), (3) 나노전자공학(물질의 광학 및 자기적 성질을 다루는 나노광학, 나노자기학), (4) 나노구성(개별 구조 및 부속물의 제작), (5) 나노제조(사용가능할 만한 수의 나노 단위 장비와 물질 제조). 마지막 부분은 나노 단위 도량형에서 문제가 되는 컴퓨터 과학과의 융합 문제를 다루고 있다.

다. 나노 기술의 사회적 이용

- 1) Roco, M. C. and W. S. Bainbridge(eds.)(2001), *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer. (<http://www.wtec.org/loyola/nano/societalimpact/nanosi.pdf>)

책 한권 분량의 이 보고서는 미국 국립 과학재단의 주관으로 2000년 9월 28일부터 29일까지 나노기술의 사회적 함의를 다룬 최초의 학술회의 내용을 다루고 있다. 이 보고서는 나노기술을 이용하여 얻을 수 있는 의도된 이득 뿐 아니라 더 폭넓은 경제적·정치적 활용으로 인해 야기될 의도하지 않거나 2차로 발생할 결과 관리의 문제를 다루고 있다. 적용된 분야는 의학, 환경, 우주 탐사, 국가 안보이다. 나노 기술은 과학, 과학 교육에 영향력을 갖고 있을 뿐만 아니라 잠재적으로는 문화에도 영향을 끼칠 수 있다. 사회, 윤리, 법적 활용에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았지만, 참여자들은 사회과학과 정책 결정에의 개입에 관한 방법론을 검토했다. 이 도서에는 추천 목록, 워킹 그룹 보고서, 기타 과학 논문과 정책 관련 논문이 수록되어 있다.

- 2) Roco, M. C. and W. S. Bainbridge(eds.)(2006), *Nanotechnology: Societal Implications - Maximizing Benefit for Humanity*, Berlin: Springer. (http://www.nano.gov/nni_societal_implications.pdf)

NSET(Nanoscale Science, Engineering, and Technology) 산하 분과위원회의 공식보고서로서, 2003년 12월 3일부터 5일까지 미국 국립 과학재단으로 열렸던 대규모 학술대회 참가자들의 글이 수록되어 있다. 정책 리더의 개관과 소개글이 있으며, 10개의 주제별 태스크 팀의 결론이 수록되어 있다. 각 분과는 (1) 생산성과 균등성, (2) 미래 경제 예상, (3) 삶의 질, (4) 미래 사회 예상, (5) 융합 기술, (6) 국가 안보 및 우주 개발, (7) 윤리, 거버넌스, 위험, 불확실성, (8)정책, 법적 문제, 국제적 문제, (9) 대중과의 의사 소통, (10) 교육과 인적 자원 개발 등으로 이루어져 있다.

3) Roco, M. C. and W. S. Bainbridge(eds.)(2006), *Nanotechnology: Societal Implications-Individual Perspectives*, Berlin: Springer.

2003년 12월 미국 국립 과학재단 학술대회 시기에 열린 또 다른 학술대회의 보고서로서, NSET의 공식 보고서는 아니지만 나노 과학 및 기술의 사회적 활용을 다루고 있다. 과학자, 공학자, 정책 리더가 다음 7개 분야에 걸쳐 48개의 글을 썼다. (1) 경제적 효과와 나노기술의 상업화, (2) 사회 예측, (3) 융합 기술, (4) 윤리와 법, (5) 거버넌스, (6) 대중 인식, (7) 교육. 융합 기술에 관한 부분에는 삶의 질, 기술, 자아의 개념화, 운영, 혁신의 법적 문제, 융합을 촉진 시킬 수 있는 학제 간 유사 어휘의 사용, 환경 보호의 이득과 위험, 과학과 공학 학제에 융합이 미칠 영향에 관한 7개의 글이 실려 있다.

라. 융합 기술 관련 학회 문헌

1) Roco, M. C. and W. S. Bainbridge(eds.)(2003), *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

NSF와 미 상무부가 공동으로 2001년 12월 3일부터 4일까지 공동으로 개최한 학술대회 보고서를 출판한 것이다. 나노기술의 사회적 활용에 관한 광

범위한 작업을 포함하고 있으며, 나노단위에서 자연의 통합(unity of nature)이 이루어짐으로써 변환 도구(transforming tool)를 사용한다면 통일 과학이 가능해질 것을 보여주고 있다. 이 책이 취하고 있는 접근의 기반에는 현실을 중첩된 복잡성의 세계, 위계 체계로 이해하는 것이 깔려 있으며, 인간의 능력을 개선시키는 것을 목적으로 하고 있다. 다음 5개의 활용 영역을 제시하고 있다. (1) 인간 인지와 의사소통의 확장, (2) 신체 건강 및 육체적 능력의 신장, (3) 집단 및 사회적 결과의 증대, (4) 국가 안보와 경쟁력의 강화, (5) 통합 과학과 교육. 이 주제와 더불어, 참가자들이 작성한 근미래에 벌어질 일에 대한 가능성과 좀 더 먼 미래에 대한 비전에 관한 다듬어진 기술에 대한 과학적 글도 포함되어 있다.

2) Roco, M. C. and C. D. Montemagno(eds.)(2004). *The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*, New York: New York Academy of Sciences(Annals of the New York Academy of Sciences, Volume 1013).

이 보고서는 UCLA에서 2003년 2월 5일부터 7일 까지 열린 ‘제2차 융합 기술 학술회의 NBIC 융합 2003’의 발표문을 모아놓은 것이다. 전체 17개 장 중 3개 장은 융합 기술 일반, 그외 장은 2개 혹은 그 이상 관련 분야의 연구 성과, 융합기술의 윤리적, 법적, 사회적 함의에 대한 분석을 다루고 있다. 저자 중 대부분은 1회 학술회의 참가자와 중복되며, 따라서 1회 학술회의 보고서와 중복되는 내용이 많다. 부록으로는 미국 국립 과학 재단의 지원을 받은 초기 융합 연구 프로젝트에 대한 설명이 포함되어 있다.

3) Bainbridge, W. S. and M. C. Roco(eds.)(2006), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, Berlin: Springer.

이 책은 뉴욕시에서 2004년 2월 25일부터 27일까지 열린 ‘제3차 융합기술 학술회의 NBIC 융합 2003’을 토대로 만들어졌다. 19개 장과 3개 부록은 이

전 연구를 토대로 작성되었으며, 참여 과학자를 늘렸다. 개관에 이어 각 장은 교육 융합, 개발도상국의 융합, 뉴로 윤리와 뉴로 정책, 인지 기술, 서비스 과학, 기술정치학, 사회과학과 신 기술의 공동 발전 등의 내용을 다루고 있다. 소규모 워크숍(융합기술의 상업화와 경영)의 내용이 부록에 수록되었다.

마. 특정 융합 분야

- 1) Bainbridge, W. S.(eds.)(2004), *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, Great Barrington, Massachusetts: Berkshire.

이 연구는 심리학과 HCI(Human Computer Interaction), 사회심리학과 HCI, 인공지능, 인공지능 가정, 사회 정보 공학, 인격 모사, 인지 통로(cognitive walkthrough)라는 디자인 방법에 관련된, 정보 기술과 인지 과학의 융합을 주로 강조하는 내용이 실려 있다. 몇 편의 글은 인류계량학(신체의 측정), 뇌-컴퓨터 인터페이스, 사이보그, 생리학, 반복성 긴장 장애, 그리고 장애인도 사용가능하도록 하는 시스템을 만드는 보편적 접근과 같은 생물학적 융합을 다루고 있다. 눈동자 따라가기, 얼굴 표정·몸짓 인식, 모션 캡처 같은 신체 운동을 해석하는 컴퓨터의 시각 처리 시스템을 다룬 글도 있다. 무작위 돌연변이에서 자연선택이 발생하는 생물학적 기준을 설계하기 위해 컴퓨터를 사용하는 진화 공학에 관한 글도 수록되어 있다. 생물학적 사촌 관계와 병렬 관계로서 컴퓨터 바이러스를 다루는 글도 있다. 편집자의 긴 글은 융합기술의 개념을 소개하고, 더 진화된 융합에서 인간-컴퓨터 인터페이스가 차지하는 과학 및 공학의 중요한 역할을 설명하고 있다.

- 2) Vogel, V. and B. Baird(eds.)(2005), *Nanobiotechnology*, Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office.

이 보고서는 2003년 10월 9일부터 11일까지 미국 국립 과학재단과 보건국

(NIH: National Health Institute)이 공동 개최한 워크숍의 결과물이다. 핵심 요약에서는 융합과 이 분야의 과정 중심적 성격을 분명히 밝히고 있다. “생물학과 나노기술의 결합 연구로 새로운 과학적 기회를 살릴 수 있도록 과학자, 공학자, 물리학자는 공동연구를 해야 한다.” 나노 단위에서 생물학적 과정이 어떻게 작동하는지 연구하기 위해 진보된 화상 처리 기술을 사용하고 있으며, 생체 조건 안에서 나노 단위의 세포 과정 분석, 생물학적 기능을 복제할 수 있는 나노 시스템의 조립, 그리고 이를 통한 생물학적 기능 이해의 증진, 그리고 인류 보건을 위한 나노 기술의 활용 분야 등을 주로 다루고 있다.

3) Meyyappan, M. and M. Dastoor(eds.)(2006), *Nanotechnology in Space Exploration*, Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office.

본 보고서는 미국항공우주국(NASA) 후원으로 2004년 8월 24일부터 26일까지 열린 NNI 워크숍의 결과이다. 일반적인 서론이 있고, 6개의 장은 나노 물질, 나노 센서와 도구, 나노를 활용한 소형 도구, 나노 로봇 공학, 나노-마이크로-매크로 통합 (나노 제조 포함), 그리고 우주인 건강관리를 다루고 있다. 매우 엄격한 기술 조건으로 인해 우주 기술과 나노 기술은 여러 부분에서 비용 효율적인 대안이 될 수 있을 것이다. 여러 장점 중, 나노 기술은 에너지 소비는 줄이고도 질량과 전기 사용을 줄이는 데 강점을 가지는 구조 물질을 만들어 낼 수 있으며, 더 효율적인 태양열 발전도 가능하게 할 것이다.

4) Gilbert, N. and Klaus B. Troitsch(2005), *Simulation for the Social Scientist*, Maidenhead, Berkshire, England: Open University Press.

이 연구는 교과서 형태의 책으로서, 다양한 종류의 컴퓨터 시뮬레이션이 사회적 현상을 모델링하는 데 어떻게 사용될 수 있는지 설명하고 있다. 사회 과학을 정보 기술과 연결시키는 것은 물론이고, 부분적으로는 인지 과학도

활용하고 있다. 또한 물리학과 생물학에서 사용하는 시뮬레이션 모델도 설명하고 있다. 시스템 동학, 줄서기 모델, 다수준 모델, 세포 자동 장치, 다수 행위자 시스템, 유전자 알고리즘, 신경망의 예도 포함하고 있다. 일부 접근 방식은 복잡계의 동학을 보여주는데, 이 중 일부는 자연에서의 위계 관계를 보여주고 있다. 따라서 복잡하면서 위계적인 현실 분석을 위해서 필요한 과학 기술과의 융합 원칙을 제시하고 있다.

5) Bainbridge, W. S.(2006). *God from the Machine: Artificial Intelligence Models of Religious Cognition*, Lanham, Maryland: AltaMira.

인지 과학 시리즈의 하나로 출판된 이 연구는 정보 기술이 인간의 사회적 행위와 문화적 진화를 다루는 데 어떻게 사용되는 지 보여준다. 종교에 대한 전통적인 사회과학 문헌에 근거하여, 새로운 방법론을 사용한다. 가상의 마을에 사는 44,100명의 사람 사이에서 발생하는 의사소통을 고도의 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 모델링 했으며, 이 모델에서 각 행위자는 서로에게 영향을 주고 받고, 가치를 교환하고, 자신들이 살고 있는 세계의 질서에 대한 이론을 집합적으로 개발시켜 나간다. 규칙 기반 모델과 신경망 인공 지능 모델을 사용했다.

바. 융합기술활동에 대한 연구

1) Fukuyama, F.(2002). *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*, New York: Farrar, Straus, and Giroux.

본 연구는 문명사가로서의 Fukuyama가 융합기술에 따른 윤리문제 등을 제기한 것이다. 본 연구는 기본적으로 생명 기술에 초점을 두고 있지만, NBIC의 다른 세 분야도 고려하고 있으며, 네 기술 모두가 인류에게 미칠 영향에 관한 근본적인 문제들을 제기하고 있다. 뇌 과학, 의약품이 인간 행동

에 미치는 영향, 생명 연장이 도덕성을 해칠 것인가에 초점을 맞추고 있다. 후쿠야마는 윤리의 근간이 되는 이론들을 대비시키고 있으며, 순수한 실용주의는 작동하지 않을 것이며, 종교에 대한 합의가 없다면 안정적으로 공유된 인간 본성의 개념이 존재해야 할 것이라고 주장한다. 후쿠야마의 주장이나 결론에 동의하지 않는 독자라 할지라도 NBIC 기술의 윤리적 적용에 관한 철학적 문제를 소개한 서문은 유용할 것이다.

2) Hughes, James H.(2004), *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future*, Cambridge, Massachusetts: Westview Press.

본 연구의 첫 번째 부분은 21세기에 기술이 인간을 더 영리하고, 더 건강하고, 더 행복하게 만들 방법이 무엇인가를 요약하고 있다. 두 번째 부분은 이 도서의 분석이 집중된 부분으로 중요한 정책적 결정이 만들어지는 생명 정치의 지형을 다루고 있다. 세 번째 부분은 더 나은 미래를 건설하는 데 무엇이 필요한가를 다루고 있다. 저자는 과거에는 경제와 문화 두 차원에서 정치가 중요했지만, 새로운 세기에는 기술을 포함시켜야 한다고 주장한다. 후쿠야마와 비슷하게, 저자는 생명 기술의 예에 초점을 맞추고 있지만, 좀 더 최근 연구는 융합 기술을 공개적으로 동일한 분석 틀로 다루고 있다.

사. 융합기술과 연구조직의 문제

Gray, D. O. and S. G. Walters(eds.)(1998), *Managing the Industry/ University Cooperative Research Center: A Guide for Directors and Other Stakeholders*, Columbus, Ohio: Battelle.

이 연구는 미국 국립 과학재단의 I/UCRC 프로그램의 광범위한 경험을 바탕으로 작성되어, 산업 조직과 학술 연구를 연결하는 연구소를 관리하는 데

매우 자세하고 실용적인 지침을 제공하고 있다. 연구소가 다학제간 연구를 맡아야 하며, 조직 및 학문 간 경계를 넘나드는 의사 소통 방식을 만들어야 한다는 것이다. 본 연구는 융합기술 관리에 대한 구체적인 조언을 담고 있는 한편, 융합 문제 고민에 대한 자극을 주고 있다.

아. 일반 융합 이론

- 1) Wheeler, J. A.(1994), *At Home in the Universe*, Woodbury, New York: American Institute of Physics.

30년 이상에 걸쳐 저술된 논문을 모았으며, 다양한 방향에서 과학의 통일성을 검토하고 있다. Wheeler는 특히 에너지나 물질이 아니라 정보가 세계의 기반이 되어야 한다고 주장한다. “Beyond the Black Hole,” “It from Bit”이 이와 관련된 장이다. 학문 간 적용이 가능한 개념에 대해 일곱 개의 원칙을 제시하고 있는 데, 이는 “A Septet of Sibyls: Aids in the Search for the Truth,” “Einstein and Other Seekers of the Wider View”에 나와 있다. 저자는 과학을 더 광범위한 시각에서 바라보아 일곱 개의 추가적인 원칙도 제안하고 있다. 다른 글들은 과학 지식의 통합, 융합과 분리 현상의 구별, 우주에서 인류의 위치에 대한 적절한 시각을 다루고 있다.

- 2) Simon, H. A.(1996), *The Sciences of the Artificial, Third edition*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

인공 지능의 선구적인 고전으로서 과학 전반에 걸쳐 복잡계, 특히 복잡한 경제, 사회, 기술 시스템을 모델링하는 실용적이면서 심도 있는 컴퓨터 시뮬레이션 방식을 지지하고 있다. 경제적 합리성에 대한 장 이후에, 하나는 사고 과정, 다른 하나는 기억에 관한 심리학과 관련된 두 개의 장이 있다. 이 장은 지능이 잘 정의된 기호를 원칙에 따라 대입하는 것이라는 가정이 맞느

나 아니냐는, 인공 지능에서 전통적이면서 현재 진행형인 논쟁을 다루고 있다. 설계의 과학에 관한 장에서는 공학과 소프트웨어 설계가 코드화되는 데 중요하게 끼친 영향을 다루고 있으며, 이후 장에서는 사회 계획이 합리화 될 수 있는가를 질문하고 있다. 과학과 공학 모두의 복잡계를 이해하는 데 도움이 될 내용이 이후의 장에 들어 있다.

3) Dennett, D. C.(1995), *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*, New York: Simon and Schuster.

저자는 Tuft 대학의 철학, 인지 교수로서, 진화, 인간 지능에 관해 많은 글을 썼으며, 과학 연구에 바탕을 둔 새로운 아이디어로 과거의 미신을 폐기할 필요가 있다고 주장해 왔다. 이 책은 명시적으로 컴퓨터 과학과 인지 과학의 원리를 자연 선택에 의한 생물학적 진화와 연결시키고 있다. 책 전체를 관통하는 저자의 주제는 다윈의 진화론이 인류의 희망과 존엄을 해칠 것이라는 대중의 공포이다. 저자는 “다윈의 아이디어는 보편적인 해결책이며, 보이는 모든 것의 핵심을 관통할 수 있는 것”이라고 주장한다. 그러나 저자는 인류가 망상을 갖지 않더라도 만족적이고 희망적인 삶을 누릴 수 있을 것이며, 이 보편적 해결책이 인류의 존엄성을 해치지 않는다고 믿고 있다.

자. 과학과 기술의 미래

1) Horgan, J.(1996), *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*, Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

저자는 Scientific America지에서 일한 저널리스트이며, 저명한 선임 과학자들과의 광범위한 인터뷰 경험을 활용하여 본 연구를 수행하였다. 연구는 다섯 개의 주제를 다루고 있다. (1) 어떤 과학 분야에서 이미 성취한 주요 업적, (2) 우리의 능력을 벗어나는 중요한 과학적 질문을 답할 수 있는 가능

성, (3) 비과학적인 지식 습득이 아니고서는 성공적으로 지식 획득이 불가능한 분야가 존재하는 지에 대한 논쟁, (4) 어떤 분야에서 방법론과 아이디어를 빌려와서 이를 다른 분야에 적용시키는 방식의 진보, (5) 기술 진보로 인해 발생하는 새로운 문제를 과학이 답할 수 있을かの 희망등이 바로 그것이다.

2) Barrow, J. D.(1998), *Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits*, Oxford, England: Oxford University Press.

본 연구는 과학적 진보, 따라서 기술적 진보도 포함하는 경계를 설정하기 위한 진지한 시도이다. 전문적인 표현을 사용하지는 않았지만, 매우 논리적이다. 물리학과 인접 학문이 주요 논의 대상이며, 분석에는 인지와 정보 처리의 내용도 포함되어 있다. 때때로 이 책이 다루고 있는 주제는 기술과 무관해 보이는 우주론과 수 이론도 포함하고 있는데, 이는 기술의 경계는 현재 NBIC 영역에서 진행되는 연구 너머에 존재할 것이기 때문이다. 이 연구는 불확실성, 패러독스, 복잡성 같이 두 개 이상의 과학에서 논의되는 문제들에 대해 훌륭한 분석을 보여준다.

제2절 융합인력 관련 국내 연구

국내 연구 중 융합기술에 대한 연구는 주로 융합기술 동향을 중심으로 이에 대한 정책대응을 논의하는 수준이나, 융합인력 양성에 대한 연구는 아직 본격적으로 이루어 지지 못하고 있다. 조황희(2002), 이공래·황정태(2005), 송위진 외(2006), 최영섭 외(2006) 등의 연구는 융합기술인력양성에 대한 본격적인 논의는 아니나, 융합기술인력양성에 대한 시사를 주는 것이라고 여겨진다. 근래 융합기술에 대응한 인력양성에 대한 연구로 김창경(2006), 김준모 외(2007), 한국과학기술기획평가원(2007) 등이 있기는 하나, 이들 연구도 융

합기술 확산에 대응한 인력양성 및 활용에 대한 연구를 본격적으로 수행한 것이라기보다는 정책방향에 대한 선언적 성격이 크다고 여겨진다.

조항희(2002)의 ‘기술환경 변화에 따른 고급 과학기술인력 양성 및 활용증대 방안’에 관한 연구는 변화하는 산업수요에서 특정기술중심으로 인력을 양성하게 될 경우에 초래될 수 있는 기술활용도의 급격한 하락을 우려하고 있다.

이공래·황정태(2005)는 ‘다분야기술융합의 혁신시스템 특성분석’ 연구에서 대학은 다분야 융합지식을 교육할 수 있는 교육제도 혁신을 준비해야 할 것이며, 이의 관건은 다분야 기술연구프로젝트를 수행할 수 있는 교육제도의 혁신이라고 주장한다. 특정분야의 기초과학과 공학의 융합이 아니라 다분야 기초과학 지식과 공학지식의 융합을 위하여, 캘리포니아 로렌스 연구원이 주창한 팀과학 연구(team science research) 제도를 검토할 만하다고 제시하고 있다.

KISTEP(2006)의 융합기술분야 연구개발 활성화를 위한 정책 제언이란 연구에서 다분야간 협력의 해외 사례로서 MIT 미디어 랩, Stanford Bio-X program을 소개하며, 국내 사례로 KAIST의 바이오 시스템학과, 삼성반도체 교육 프로그램(EPSS: Educational Program for Samsung Semiconductor) 등을 소개하고 있다.

최영섭 외(2006)의 ‘산업별 인적자원개발협의체 관련 연구’에서는 철강, 섬유, 기계, e-비즈, 기계 산업 등을 대상으로 기술융합에서의 필요 핵심역량을 식별하고자 한다.

김창경(2006)의 ‘지식혁명시대를 선도할 기술융합형 인력양성체계 구축 방안’은 이공계 교육현황을 진단하고 기술융합형 인력양성을 위한 정책 방향을

제시하고자 하였다. 김창경의 연구는 대학교육과정과 선진국 사례를 조사하며, 이공계대학 교육현황의 진단을 통해 융합인력 양성에 있어서의 문제점 진단, 서구의 경험에 대한 조사를 통해 인력양성방향 도출, 기술융합형 인력 양성을 위한 정책 방향 제시로 이어진다.

KISTEP(2007)의 신약개발을 위한 융합기술인력양성방안 연구는 한방 융합형 인재양성을 위한 교육프로그램 개발을 목적으로 한다. 신약개발 기술분석을 포함하며 신약 시장, 기술동향에 대한 기존 연구 활용, BT인력양성 관련 정책 분석, 기술인력 수요에 대한 전문가 조사 등을 수행하여, 융합기술 인력 양성 현황을 검토하고 인력양성프로그램을 제시한다.

김준모 외(2007)의 융합연구 활성화를 위한 교육혁신 및 제도적 개선방안은 탈추격형 기술혁신 체계 구축을 위한 정책방향 제시를 목적으로 하여, 주요 사례 분석, 융합형 교육 및 연구에 대한 설문조사, 융합연구 영향요인 회귀분석 등을 수행하였다. 정책과제로 융합전문 대학원과 전문학과 신설, 융합교육을 위한 예산지원강화, 교수성과평가 등의 개선 등을 제시한다.

제 3 장 융합기술과 인력 양성: 이론적 검토

제1절 융합기술 개념 및 추이

1. 융합기술 개념

과학기술의 발전에서 융합은 근래에 특히 주목받고 있으나, 실은 그간 지속적으로 일어난 사항이다. 다만 근래 특히 생화학, 분자생물학, 진화 약학, 컴퓨터 언어학, 인지 심리학, 메카트로닉스에서 두드러지고 있다. 정보통신 기술분야의 경우 전화기, 디스플레이, 컴퓨터, 인터넷 접속, 비디오 카메라를 하나의 장비로 통합시키는 것이 융합으로 표현되기도 한다. 나아가 기술사가는 기술진보가 사회적 변화와 통합될 때 융합이 나타났다는 표현을 하기도 한다.

기술융합은 그간 지속적으로 있어 왔으나, 융합기술(technology fusion)이란 용어 자체는 1970년대 일본의 고다마가 제창한 것이다. 고다마는 2개 이상의 요소가 화학적 또는 기계적(물리적)으로 결합하여 기존의 기술이 갖지 않는 새로운 기능을 발휘하는 기술혁신의 한 현상으로 정의했다. 근래에는 화학적 결합과 물리적 결합을 구분하고, 화학적 결합만을 융합기술로 보는 것이 일반적이다.

- 복합기술화: 개별요소들의 물리적 결합으로 기존 산업의 한계를 넘어서는 현상
- 융합기술화: 화학적 결합으로 인해 개별요소들의 특성이 상실되고 새로운 특성을 가지는 기술이 발생

복합기술과 구분된 융합기술을 다시 동종기술 간 융합과 이종기술 간 융합으로 구분할 수도 있다. 통방 융합이 동종기술 간 융합의 전형적인 예라면, 바이오 인포메틱스를 이종기술 간 융합의 대표적인 사례라고 할 수 있을 것이다. 또한 융합기술은 융합이 이루어지는 방식을 기준으로서는 다음의 네 가지 유형으로 분류되기도 한다: 첫째, 상이한 지식체계에서 사용되는 개념을 합치는 경우, 둘째, 별개의 분과에서 탐구하던 것을 통일시키는 경우, 셋째, 연구 방법과 장비를 공유하는 경우, 넷째, 상이한 방향에서 공동의 목적을 추구하는 경우.

한편, Nordmann(2004)은 융합 기술은 일반적인 목표를 달성하기 위해 상호 작용하는 구현 기술과 지식 체계라고 정의한다. 여기서 구현 기술(enabling technology)은 특정한 목표나 특정 애플리케이션 집합에 국한되지 않고 폭 넓은 영역에서 기술 발전을 가능하게 하는 기술을 뜻한다.

이렇게 융합기술에 대한 개념 혹은 정의가 다양한 가운데, 본 연구에서는 융합이 이루어지는 방식에 주목하며 ‘별개의 분과에서 이루어 기술발전이 융합되어(화학적 결합), 기존 분과는 물론 새로운 분과의 기술 발전이 추동되는 과정’을 융합기술로 정의하기로 한다.

2. 융합기술 전망과 추이

가. 융합기술 전망

1) NSF의 전망

미국 국립과학재단(National Science Foundation)의 2002년도 보고서⁵⁾는 미국이 앞으로 20년 이내에 추구하여야 할 미래지향적 과학기술의 방향이 융합과학(Converging Technologies)의 추구라고 본다. 국립과학재단보고서는 “NBIC 융합기술”이라는 새로운 미래기술을 정의하고, 이 기술의 4개의 핵심 축을 아래와 같이 제시하고 있으며, 이들 NBIC 융합기술의 4개의 핵심 축 분야는 서로 밀접히 연계될 수 있음을 부각시키고 있다.

- NT (Nano): 나노 과학과 나노 기술
- BT (Bio) : 유전 공학, 단백질체학 등을 포함하는 생명 공학과 생명의학 기술
- IT (Info) : Mega Computing, Imbedded Software 와 Hyper 통신을 포함하는 정보 기술
- CT (Cogno): 인지신경과학, 인지심리학을 포함하는 인지과학 기술

2) RAND연구소의 전망

RAND연구소의 2004년 보고서 ‘The Global Technology Revolution 2020’에서는 2020년대의 기술융합에 대한 전망을 다음과 같이 보고 있다.

가) 생명공학 기반 융합기술

- 다양한 진단을 동시에 수행할 수 있는 능력
- 유전정보를 활용하며 질병 상태와 환자의 정보와 같은 방대한 데이터 베이스에 기초한 개인 맞춤형 약물 제공
- 유전자 변형 벌레 개발: 2차 번식을 하지 않는 번식(씨없는 수박같이 2차 번식 불가) 및 질병을 옮기지 않는 해충
- 개발도상국을 위한 유전자 변형 식용작물

5) Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (Eds.) (2002). “Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science.” NSF Report. June, 2002.

- 컴퓨터 칩 (“lab-on-a-chip”)에 집적된 시험시스템을 통한 부작용 테스트, 컴퓨터 시뮬레이션(“in silicon”)을 활용한 의약품 디자인과 효능 테스트
- 분자 인식을 통한 장기기관 및 종양의 선별적 처방
- 인공장기의 활용 증대: 임플란트와 인공 보철물을 통해 조직이나 기관의 기능 복구 및 대체

나) 나노기술 기반 융합기술

- 소형, 고민감도, 화학선택적인 생물 센서의 새로운 군
- 배터리 관리와 용량의 개선
- 군인과 조난구조대원을 위한 착용 가능한 센서
- 다양한 상업적 상품 속에 포함된 컴퓨터 장치
- 의사소통이 가능하며, 데이터를 기록할 수 있는 착용 가능한 개인 의학 모니터링 장치
- 표적 지향형 의약품 전달과 임플란트, 보형장치의 개선된 성과를 위한 기능적 나노구조
- 인간과 환경의 광범위한 감독 및 감시를 위한 능력

다) 소재기술 기반 융합기술

- 에너지원(power sources), 전자공학 그리고 광섬유를 통합하는 직물
- 특별한 물질이나 기후 변화와 같은 외부의 자극에 반응하는 의복
- 개인이나 기업의 사양에 맞는 작은 상품의 맞춤 제조
- 위험 물질 소개 및 하수의 양의 감소를 위한 “친환경(green)”제조 방법의 광범위한 적용
- 강화된 힘, 단단함, 작용 저항 및 부식 저항을 가진 나노구조 코팅 및 복합 물질 생산
- 디스플레이와 조명 시스템의 밝기를 증가시키기 위한 유기 전자공학
- 복합 재료를 사용하여 대량의 태양 전지 생산

- 급수정화와 정화시스템은 활성화된 막과 필터, 나노구조에 기초를 둠
- 물질 조사(materials screening)와 고속연산(combined rapid computation)에 기초를 둔 화학적 과정을 위해 디자인된 촉매
- 다기능 세포 공학

라) 정보통신기술 기반 융합기술

- 무선 인터넷이 개발도상국과 전원 지역을 포함한 중·상위 계층에서 전세계적으로 가능하게 됨
- 의료기기, 오락 체계들을 통제하기 위한 입을 수 있는(wearable) 컴퓨터의 확대
- 대용량 데이터베이스가 의료기록과 계층 정보 뿐 아니라, 가공된 정보의 기록 및 역사와 같은 개인 정보를 포함
- 작고 저렴한 장치로 소리, 비디오, 웹페이지와 같은 다량의 데이터를 저장
- 텍스트 어구 뿐만이 아니라 의미 어구, 그림, 동영상을 파악할 수 있는 개선된 검색 능력
- 상품의 추적, 소비자 구매 패턴, 보안과 타겟 광고를 위한 개인의 이동을 파악하기 위하여 RFID 꼬리표 부착
- 생체인식(지문, 홍채 검사)은 여행 중 컴퓨터와 장소 접근에 대한 보안
- 작은 크기로 어디에나 있는 카메라, 그리고 광범위한 감지기 네트워크
- 손을 사용하지 않는 기계 인터페이스와 입력장치
- 인간과 매우 유사한 방식으로 보고 움직이는 로봇: 뇌와 다양한 시스템에 직접적으로 연결하는 이식

<표 II-1> 2020년대 기술융합 전망

	활용 가능성			
기술적 가능성	틈새시장만(--)	중대규모 시장의 요구를 만족시키지만, 공공 정책을 둘러싼 문제를 야기할 것임(-)	중규모 시장의 강한 요구를 만족시키고, 공공 정책을 둘러싼 문제를 야기하지 않을 것임(+)	대규모 시장의 강한 요구를 만족시키고, 공공 정책을 둘러싼 문제를 야기하지 않을 것임(++)
가능성 높음 (++)	-외부 전문가에 대한 CBRN 센서(2,G)	-유전자 스크리닝(2,G) -GM 곡물(8,M) -광범위 센서(1,M)	-표적 지향형 의약품 전달(5,M) -유비쿼터스 정보 검색(6,M) -유비쿼터스 RFID 태그(4,G)	-하이브리드 차량(2,G) -(I비교를 위한) 인터넷 (7,G) -신속 생물 검정(4,G) -지방의 무선 통신(7,G)
가능성 있음 (+)	-R&D용 GM 동물(2,M) -신개념 운송(5,M)	-추적과 ID 확인을 위한 이식(3,M) -이종기관 이식(1,M)	-저렴한 태양 에너지(10,M) -스크리닝을 통한 의약품 개발(2,M) -필터와 촉매제(7, M) -친환경 제조(6,M) -질병관리의 모니터링과 조정(2,M) -조직 공학(4,M)	-진단 및 수술 방법의 개선(2,G) -양자 암호(2,G)
불확실 (U)	-상업용 UAV(6,M) -하이테크 테러(3,M) -나노기술의 군사적 활용(2,G) -로봇기술의 군사적 활용(2,G)	-ID를 위한 바이오메트릭스(3,M) -도시 내 CERN 센서 네트워크(4,M) -유전자 처방(2,G) -GM 곤충(5,M) -의료 로봇(2,M) -보안용 비디오 모니터링(3,M) -줄기세포 기반 치료 기술 R&D(5,M)	-의학적 회복의 개선(3,M) -면역 요법(2,M) -데이터 분석을 통한 치료 개선(2,M) -스마트 직물(4,M) -착용 가능한 컴퓨터(5,M)	-전자 거래(2,G) -손을 사용하지 않는 컴퓨터 인터페이스(2,G) -컴퓨터 시뮬레이션 의약품 R&D(2,G) -내구성이 높은 직물(2,G) -데이터 전송 보안(2,M)
약간 불가능 (-)	-기억 향상 약물(3,M) -로봇 과학자(1,M) -슈퍼 군인(2,M)	-두뇌 칩 임플란트(4,M)	-유전자 맞춤형 의약품(2,M)	-저가 자율주행(6,G) -맞춤 주문 인쇄 서적(2,G)
거의 불가능 (--)	-프록시 붓(3, M) -양자컴퓨터(3,M)	-자손의 유전적 선택(2, M)	-인공 근육과 조직(2, M)	-수소 차량(2, G)

주: 괄호안의 숫자는 1부터 12까지 수자원, 식품, 토지, 인구, 거버넌스, 사회 구조, 에너지, 보건, 경제 개발, 교육, 국가 방위와 환경과 공해 분야의 사회 분야를 의미하며, 확산이 전방위(global)로 나타나는 경우 G, 제한된(moderated) 수준에서 나타나는 경우 m으로 표시.

출처: Silbergliitt, et. al (2004)

RAND 연구소는 이러한 기술들의 실현을 유인하거나 제약하는 요소를 다음과 같이 본다.

1. 비용과 재원조달
2. 법·제도와 정책
3. 사회적 가치, 일반 여론, 정치
4. 하부 구조
5. 사생활에 대한 고려
6. 자원이용과 환경-보건
7. R&D 투자
8. 교육과 문해율
9. 인구현황 및 전망
10. 거버넌스와 정치적 안정성

3) IEEE의 전망

IT 분야 전문기관인 IEEE에서 조사한 바에 따르면, 전 세계 IT분야 석학들은 Bio, Nano, Mega Computing, Robotics를 향후 10년 간 가장 큰 영향을 미칠 기술 분야로 전망하고 있으며, 21세기 메가트렌드는 기기 간 융합, 산업 간 융합, 서비스 간 융합이라고 본다.⁶⁾ 이러한 기술 분야는 소위 Brainware Oriented 기술 분야로서, 거대 장비, 천문학적 자금 등의 요소투입 보다는 두뇌 및 지식의 질로 사업의 성패가 갈리는 소위 지식 혁명 사업군(Knowledge Revolution Industry Group)이다.

나. 융합기술 추이

많은 전문가들이, 나노 기술 연구가 진척됨에 따라 나노 기술이 융합 추세에서의 핵심 기술 또는 구현 기술(enabling technology)이 될 것이라는 전

6) IEEE Spectrum Magazine(2004. Jan.)에서 IEEE Fellow 1,038명을 대상으로 조사.

망과 함께, 나노 기술 기반 위에 새로운 유형의 융합기술 개념이 등장할 수도 있을 것으로 보고 있다. 모든 물질은 원자와 분자로 구성되어 있으며, 나노 기술은 나노 단위에서 공학적 설계를 할 수 있도록 할 것이므로, 이는 분자 단위에서 모든 것을 재구성할 수 있음을 의미하게 된다. 따라서 나노 기술의 관점에서 생의학, 정보 기술, 화학, 광학, 전자 공학, 로봇 공학 등은 하나의 단일한 공학 패러다임으로 수렴(converging technology)하게 된다는 것이다(Nordmann, 2004: 14-5).

나노 기술은 개념적으로 하드웨어 수준의 모든 공학적 문제에 공통의 기본 틀을 다른 기술에 제공할 수 있다. 이러한 능력을 바탕으로 나노 기술은 정보, 생명, 인지 과학과 결합할 수 있다(Nordmann, 2004). 최근의 기술 융합은 다음 6개 분야를 중심으로 두드러지게 나타나고 있다(Roco, 2002: 10-11).

첫째, 정보 기술과 컴퓨터 분야이다. 정보가 디지털 언어(비트)로 표현됨으로써 통신, 영상 분야의 큰 발전이 이루어지고 있다. 1950년대부터 발전을 시작한 이 분야는 현재에도 지속적으로 발전하고 있으며, 대표적인 상품은 소프트웨어이다.

둘째, 나노 과학과 나노 공학이다. 원자, 분자, 초분자(supramolecular) 수준까지 진척된 연구로 인해 자연적인 크기의 제약을 뛰어넘어 물질의 구성까지 창조할 수 있게 되었다. 이 분야는 1990년대부터 의미 있는 연구성과가 나타나고 있으며, 대표적인 상품은 새로운 물질, 장치, 시스템과 같은 하드웨어의 형태로 나타난다. 이러한 연구를 통해 에너지 소비, 자원 활용, 폐기물 처리와 같은 문제를 가장 효율적인 방식을 처리할 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 현대 생물학과 생환경 접근이다. 1970년대부터 활발하게 연구된 이 분야는 세포의 구성체와 생환경과의 상호작용이 주요 연구과제이다. 현대 생

물학을 통해 물질의 자기복제 구조를 파악할 수 있게 되었다. 이는 정보 기술과 나노 기술의 도움을 통한 것이다. 유전자 공학이 대표적인 사례라고 할 수 있다. 이 분야는 또한 지구 온난화처럼 생명체와 주변 환경 간의 문제를 다루는 데도 적합하다.

넷째, 의학과 의공학이다. 이 분야의 목표는 인간의 육체적 능력을 유지하고 확장시키는 것이다. 이를 위해서 육체적 상태의 확인, 지각 및 운동 능력의 신장, 관련 도구의 이식, 인간과 기계를 융합한 인터페이스를 통한 능력의 확대 등이 연구되고 있다.

다섯째, 인지 과학과 지식이다. 이 분야의 목표는 인간의 인지, 행태, 지식을 탐구하고 이를 개선하는 것이다. 이 분야의 연구성과를 바탕으로 소통 능력과 집단 상호 행위를 신장시켜 집합적 행동과 생산성을 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 집합적 행동과 시스템적 접근이다. 이 분야는 자연, 기술, 사회의 아키텍처, 위계 구조, 복잡계를 연구한다. 1990년대 후반부터 활발히 연구된 이 분야의 성과를 통해 생활 구조, 문화의 변화, 예상치 못한 현상에 대한 사회의 반응, 전 지구적 소통 체계의 개선 등을 설명하고 대처할 수 있을 것이다.

이들 정보, 나노, 생명 과학 연구는 강한 융합 경향을 보이고 있는데, 이러한 각 학문분야의 발전은 다시 연구 발전의 상호 조건이 되고 있다. 이러한 융합 움직임을 체계적으로 접근하면 융합 연구 움직임을 더 나은 방향으로 유도할 수 있을 것이다.

나노, 생명, 정보, 인지 과학 기술의 융합은 큰 틀에서 다음과 같은 방향으로 진행 중이다. 나노 기술의 발달은 사용자 요구에 맞도록 원자 수준에서

물질을 재구성할 수 있게 하여 제조업, 의학, 에너지 산업 등의 개념을 완전히 변화시킬 것이다. 즉 분자 및 초분자의 설계가 가능해져 빛과 물질의 상호 작용을 통제함으로써 에너지 전환을 원할하게 할 것으로 기대된다. 나아가 양자를 통제함으로써 기계-화학 분자 과정을 활용할 수 있게 될 것이다. 새로운 영상 기술과 탐침, 센서를 통해 생명기술의 발전에 기여할 것이며, 정보 기술 제품의 소형화 요구에도 부응할 것으로 보인다. 또 나노 칩과 나노 센서는 생명정보공학의 발전에 기여할 것이다.⁷⁾

생명기술은 유전자 해독과 같은 생명 과정의 이해로서 세포와 생체 기관의 물리/화학적 과정과 생명체의 알고리즘 구조를 다른 기술이 식별할 수 있도록 해줄 것이다. 이러한 연구 결과는 신약 개발, 질병 예방, 농업 분야의 활용 등에 이용할 수 있다. 나노 기술과 생명 기술의 세포 인식 메커니즘과 목적지 운반 기술이 결합하면, 특정 세포에만 작용하는 신약을 개발할 수도 있을 것이다. 또 정보 기술과 결합하면 DNA 기반의 컴퓨팅이 가능해질 것이다. 생물 의태, 세포 모터 연구, 나노 기술, 나노 정보 기술이 결합하면 나노 로봇 공학의 발달도 가속화될 것이다.

이 과정에서 정보 기술은 시뮬레이션, 계산, 분석, 저장을 가능하게 하는 도구로 활용될 수 있으며, 혁신 과정에서 정보를 유통시키는 역할을 담당한다. 나노 기술은 정보 기술의 연산처리 능력을 활용하여 유형화와 개입을 정확하게 통제할 수 있게 될 것이다. 생명 공학에서는 복잡한 과정을 모델링할 수 있는 도구를 얻게 될 것이며, 여러 연구 문제를 해결하게 될 것이다. 또 시뮬레이션 소프트웨어의 개발은 환경 변화를 관찰하기 위한 나노-생명 연구 투자를 촉진시킬 것으로 판단된다.

인지과학은 두뇌의 작용을 이해하는 것으로써 가장 덜 연구된 분야지만

7) 최근 Rafols and Meyer (2007)는 나노 기술과 바이오 기술의 융합에 대한 연구를 통해 Roco 등의 기술융합에 대한 정책적 입장과 차이를 보이며, 융합기술의 전개에 대한 흥미로운 논쟁을 열고 있다.

이 분야가 발전하면, 다른 분야의 발전과 통합되어 생물 조직과 신경망 수준에서 인체와 기계가 통합된 인터페이스를 제작할 수 있을 것이다. 이러한 기술융합이 가속화되면, 공상과학영화에서나 나왔던, 바늘 끝 위에 집적된 10만개의 태양열 발전소, 나노-생명 기술을 활용한 무한 자기 충전 자동차, 건강 유무 확인 및 질병 예방을 위해 체내 이식된 세포 크기의 슈퍼 컴퓨터, 수소를 기반으로 한 재활용 가능한 청정 에너지 발전소, 대안 에너지의 인터넷 전자상거래와 같은 상품의 등장도 실현될 수 있다.

하지만 이는 연구과정이 지금보다 상당 수준 진척되어야 가능한 것들이며, 아직 실현되지 않은 것이 많다. 수요 견인형이나 기술 압박형이나는 논쟁은 여기서 다루는 문제는 아니며, 채택과 적응 과정을 새로운 기술이 정착하는 단계로 파악할 때, 현재 시장에서 요구하는 내용과 나노-생명-정보-인지 과학기술 발전의 격차를 설명할 수 있다. 이러한 격차는 다음 <표 II-2>에서 확인할 수 있다.

이러한 추세에서 주목되는 것은 이런 기술 발전이 인지, 환경과학, 시스템 이론과 같은 첨단 과학 뿐 아니라 철학, 경제학, 법학 등의 사회과학과도 연관이 된다는 것이다. 사회과학과 인문학은 다양한 방법으로 첨단 과학을 활용해왔다. 경제학에서 게임 이론을 응용한 편익 극대화과 비용 극소화 전략을 정교화한 것이나 경제 및 여타 교환 방식의 모델화, 인간 지각에서 형태 인지의 유형화, 기계 지능을 이용한, 인공 및 자연 표상에 대한 기호학의 일반이론, 확률론적 추론, 통계적 분석, 정량적 방법론, 발생의 사회 동학에 대한 이해, 기술 혁신의 확산에 이미 응용되었거나 앞으로 응용될 것으로 예측된다.

한편으로 경제학과 법은 기술 분야 연구 투자를 지원하고 확산시킬 수 있는 인센티브 체계를 만들 수 있다. 또 철학, 문화 연구, 윤리학은 새로운 기술이 전통적인 삶을 어떻게 바꿀지 연구할 것이다. 사회에 대한 이해가 불충분한 상태에서 기술이 잘못 사용되고 나아가 사회에서 거부될 가능성이 높다는 점이, 기술 발전에서 간과되어서는 안 될 것이다.

<표 II-2> 시장의 요구와 나노-생명-정보-인지 과학기술 발전의 격차

과학 기술 융합	시장의 요구	과학기술 발전과의 격차
나노-생명	-맞춤 기관 -유기체 숙주에 기반한 합성 나노 기술 -극소 기관 -DNA 압축 -DNA 확대(enhancement)를 위한 합성 바이러스	-DNA 조작은 아직 초기 단계 -단백질체학(proteomics)이 성숙하려면 시간이 걸림 -새로운 기부(base)와 단백질 체계를 설계할 능력 부족 -나노 단위 입자가 기관과 환경에 미칠 영향에 대한 지식 부족 -적대적인 대중 -군사적 이용에의 우려 -유기체 숙주에 기반한 합성 나노 기술 설계 지식 부족
나노-정보	-더 빠른 처리 속도 -ICT의 확장과 환경 지능의 현실화를 위한 비용 및 규모 소형화	-대부분의 공학자는 기존 사고 방식에 젖어 있음 -DNA의 컴퓨터 응용 연구 계획을 발표한 학자는 거의 없음 -양자 공학 능력의 부족 -기반 제조 능력의 부족
나노-인지	-나노 기술을 응용한 입자 또는 구조를 통해 감각 기관의 집적 -MEMS와 NEMS를 활용한 기계 지능 -기초 물리학과 화학 지식을 소규모 상호작용으로부터의 창발에 활용	-나노와 인지 공학을 연결시키기 힘들 -비전자 처리 과정에 대한 지식의 부족
생명-정보	-DNA 기반으로 합성 면역 체계 및 암 통제를 체내에서 처리 -원격진료 및 생명정보공학은 이미 여러 분야에서 활용되고 있음 -인체 기능을 관찰하기 위해 유연한 디스플레이 장비 필요 -실제와 같은 피부 -감정을 반영하는 보석 -감정 관찰	-인체 내에서 안전한 전자 물질의 부족 -비용 절감을 위해 실온에서 전자장치를 인쇄할 수 있어야 함
생명-인지	-생명과 인지 분야에서 양의 피드백이 강하게 나타남 -심장 마비나 사고 이후 뇌 재생에 줄기 세포를 사용 -생물학적 감각 기관이 인공 감각 기관보다 우월한 경우가 있음 -공학 시스템을 업그레이드 시킬 수 있음	-생물학적 계산처리 방법에 대한 이해 부족 -생물학적 지식 체계만이 신경에 기반하고 있음

<표 계속>

과학 기술 융합	시장의 요구	과학기술 발전과의 격차
정보 -인지	<ul style="list-style-type: none"> -물리적 세계의 사물을 사이버 스페이스와 연결하여 활용 -지능적인 대응 환경 -높은 수준의 인공지능을 상업적으로 활용 -의식을 가진 컴퓨터는 추가적으로 많은 작업을 처리할 수 있을 것임 -사람이 일하지 않는 기업 -정서를 가진 컴퓨터 -자율적인 체계 	<ul style="list-style-type: none"> -사이버 스페이스에 대한 개념이 아직 불완전 -인공 지능 객체를 활용할 방법이 부족 -의식에 대한 이해가 여전히 부족 -실제 생명을 만드는 것에 대한 이해가 부족 -진지한 인공지능 연구자는 여전히 괴짜로 보임 -비유기체적 인공 생명과 의식 기계를 독립적으로 다룰 법 체계의 부재 -사이버 스페이스와 물리적 세계에 동시에 존재하는 혼성 생명체를 다룰 수 있는 이해 부족
나노 -생명 -정보	<ul style="list-style-type: none"> -진보된 생명 관찰 -진보된 원격 의료 시스템 -목표에만 정확히 작용하는 약 -암 세포 감지 및 파괴 	<ul style="list-style-type: none"> -생명-정보 기술의 융합도 완벽하지 않은 상태임
나노 -생명 -인지	<ul style="list-style-type: none"> -생물학적인 정보 집적 -인공 뇌세포 -생물 체계와 연결된 MEMS, NEMS 기반 정보, 감각, 행동 	<ul style="list-style-type: none"> -나노-생명, 나노-인지, 생명-인지에서 발생하는 격차를 그대로 갖고 있음
생명 -인지 -정보		<ul style="list-style-type: none"> -매우 발전된 정보-인지 체계를 기초로 처음부터 건설해야함
나노 -정보 -인지	<ul style="list-style-type: none"> -정보와 감각 능력의 확장 -원격 감각 관찰, 기록 및 자극 	<ul style="list-style-type: none"> -칩 단위의 신경 연결은 초기 단계이며, 반도체를 생물학과 연결시키는 것이 어려움 -의식의 기원과 메커니즘에 대한 신경과학자 간 견해 차이 -사이버 스페이스와 물리적 세계에 동시에 존재하는 혼성 생명체를 다룰 수 있는 이해 부족 -나노 기술을 뇌에 직접 적용했을 때 신경 세포가 받게될 영향에 대한 이해 부족
나노 -생명 -정보 -인지	<ul style="list-style-type: none"> -감각과 감각망 -혼성 체계 -맞춤 생체 -인공지능 박테리아 -완전한 뇌 연결 -정신의 불멸성 	<ul style="list-style-type: none"> -기술 결합이 군사적으로 사용될 가능성이 높으며, 이를 정책적으로 제한하기 어려움

출처: Bibel, et. al. (2004).

제2절 지식형성

1. 암묵지에 대한 논의

본 절에서는 암묵지(tacit knowledge)와 코드화된 지식(codified knowledge)을 중심으로, 새로운 지식의 형성에 대한 논의를 검토한다. 이러한 지식에 대한 논의와 융합기술인력의 양성과의 연관성은, 이후 융합기술인력 양성에 요청되는 자질에 대한 논의 중에 검토된다.

인식론적 차원에서 지식은 다음의 세 가지로 분류될 수 있다(Balconi et al., 2007: 6-7). 첫째, 지식은 단순한 행동부터 복잡한 인지 행동, 이를테면 단순한 망치 사용에서 복잡한 언어 구사까지, 어떤 행위를 할 수 있는 능력을 의미한다(knowledge as competence). 둘째, 지식은 과거의 경험을 통해 어떤 사물이나 사람을 알게 되는 경우, 예를 들어 자주 만나는 사람의 얼굴을 기억하는 것과 같이 친숙한 행동이기도 하다(knowledge as acquaintance). 셋째, 명제적 지식(propositional knowledge)의 개념이 있다. 이는 어떤 정보를 갖고 있을 때 이것을 수정해야 할 필요성을 인식함을 의미한다. 이는 고등 동물로서 인류가 갖고 있는 고유 특성이라 할 수 있을 것이다.

Nelson and Winter (1982)의 암묵지에 기초한 기술발전 해명 이후, 그간 기술발전에서의 지식의 문제는 주로 암묵지의 관점에서 접근되어 왔다. 나아가 암묵지는 노동의 숙련과도 연관되어 연구되었다. 앞에서 분류한 지식의 분류에 따른다면 암묵지와 이와 연관된 숙련 개념에서의 지식은 첫 번째 개념, 즉 능력으로서의 지식이라고 할 수 있다.

암묵지는 M.Polany가 주장한 개념으로 행위자가 행위의 완전한 내용을 알지 못하고, 또 행위의 내용을 세부적으로 분절(articulate)⁸⁾하는 것이 어렵

거나 불가능한 지식이다. 이러한 지식은 대인 접촉을 통한 방법을 통해서나마 불완전하게 전달 가능한 것으로 여겨졌다. 1980~1990년대의 진화경제학은 암묵지를 중심으로 연구를 진행했지만, 정작 이에 대한 정의는 명확하지 못하며 모호하기까지 하다는 비판을 받았다(Cowan et al, 2000).

암묵지와 대칭되는 개념으로 제시되는 것은 코드화된 지식이다. 암묵지와 달리 지식이 분절적이고(articulated) 명시적일 수 있다면, 특정 언어로 표현될 수 있으며 특정 매체에 기록될 수 있을 것이다. 이러한 전환을 코드화라고 할 수 있으며, 이는 기억이 외부화 되는 것을 의미하기도 한다. 즉 지식이 개인으로부터 분리되고 개인과는 독립적인 기억 소통 능력이 창조된다. 자신만이 알고 있던 조리법을 체계화 혹은 체계적이지는 않더라도 다른 사람들도 알 수 있고, 그에 따라 요리를 만들 수 있는 방식으로 표현하는 것이 대표적인 예라 할 수 있다. 이러한 코드화를 통해 개인이 갖고 있으며, 가르치고 있는 지식을 학습 프로그램으로 일부 대체할 수 있다.

Cowan et al.은 분절적 조작이 힘들다는 것 그 자체가 지식이 원래부터 암묵적이라거나 또는 코드화할 수 없다는 것을 의미하지는 않는다고 보며 암묵지를 비판하였다. 원래 Polany는 인식을 보조와 핵심으로 나누어 보았는데, 이러한 입장이 유사성의 원칙(rule conformity)을 통한 코드화와 상충되는 것은 아니라는 것이다. Polany의 예에서, 망치질을 하는 경우에 못으로 망치를 정확히 내려치는 것이 핵심이라고 한다면, 이를 달성하기 위해서는 못을 잠시 잡고 있는 손은 손에 전달되는 진동 등을 통해 지금 망치질이 정확하게 가해지고 있는지를 간접적으로 확인하는 도구가 된다. 이때 손이 느끼는 정도를 유사성에 따라 개략적으로 분류하고 하나의 작업 설명서로 만든다고 하여, 즉 코드화한다고 하여, 이러한 보조적 인지 수단의 존재를 부정하는 것이 아니라는 점이다.

8) 아티큐레이션(articulation)의 사전적 의미는 쪼개기, 분절(分節)이다. 본 연구에서는 아티큐레이션을 ‘분절’의 의미와 함께 ‘분절적 조작’의 의미로도 사용한다.

Balconi et al. (2007)는 Cowan et al.의 비판을 수용하면서도, 분절적 조작가능성이 암묵지의 중요성을 부정하게 된다는 결론은 받아들이지 않는다. Balconi에게 중요한 문제는 지식의 코드화 가능성 문제가 아니라, 어떤 지식은 코드화 되었고, 어떤 지식은 그러지 못하는가의 이유와 조건을 찾는 것이다.

암묵지와 코드화된 지식의 관계를 앞에서 분류한 지식의 의미들과 연관시켜 생각해보면 암묵지는 첫 번째 의미의 지식에 해당되며, 코드화는 첫 번째 의미의 지식을 세 번째 의미의 지식으로 환원시키는 것이 될 것이다. 코드화라는 것은 주로 숙련된 성과를 만들 수 있는 원칙의 분절적 조작을 의미하는 것이나, 코드화가 분절적 조작성(articulation)만을 의미한다고 할 수는 없다. 예를 들어 DNA를 일종의 코드라고 할 때, 특정 DNA가 발현하는 생체 기관 혹은 특성을 분석하는 것이 연구의 과제인 것처럼, 코드화는 두 개 이상의 주제를 연결하거나, 그러한 연결로서 표현되는 지식, 나아가 그에 대응되는 행동하는 것 또한 의미할 수 있기 때문이다. 지식과 그것의 구현이 연관되지 않는다면, 즉 지식이 분절적으로 조작되기는 하여도 코드로의 변환이 이루어지지 않았다고 할 수 있는 것이다. 사람을 대신하는 기계는 새로운 코드로 동일한 생산물을 만든 것이지만 사람의 능력을 코드화하여 전환시킨 것은 아니라고 보아야 할 것이다.

분절적 조작이 되지 않는 지식이나 무의식의 지식은 항상 암묵지이지만, 그 역이 항상 성립하는 것은 아니다. 암묵지의 필요조건은 대인 접촉을 통해 전달된다, 즉 코드화된 형태로 전달되기 어렵다는 점이다. 하지만 이는 충분조건은 아니다. 암묵지의 충분조건은 대인 접촉에 의해 전달되는 지식 또는 능력이 공식, 다이어그램, 언어 표현, 행위 지침의 형태로 전달될 수도 없고, 전달되지도 않는다는 것이다.

이러한 맥락에서 암묵지는 두 가지로 정의될 수 있다. 첫째, 주어진 조건에서 어떤 결과를 얻기 위해 신체가 특정 행위를 할 수 있는 능력이다. 코드

화와 관련하여 생각해보면, 공정자동화를 통해 기계가 인간의 일을 대신하는 과정이 이에 해당된다. 둘째, 인식형태로의 지식으로서 파편화된 지식을 연결시키고 여러 결과 중 선별하는 능력이다. 이러한 능력을 통해 인간은 문제를 판단, 해석, 유형화, 해결하고 창의성을 만들어내도록 지적으로 숙련된다. 이를 기계가 분석, 분절적 조작, 모사하는 것은 어렵다. 이는 코드화하기에 비용이 많이 드는 지식이다. 이러한 능력은 대인접촉을 통해 더욱 잘 전달될 수 있으므로, 이러한 능력을 배양하기 위해서는 이러한 능력을 가진 인적 자원을 한 곳에 집합시켜, 즉 클러스터에서 일하게 하는 것이 좋다. 그것이 아니라면, 이런 능력을 가진 인적자원의 이동성을 높이는 것이 이러한 지식의 발전에 기여하는 방안이 될 것이다(Learning by hiring away: Chesbrough, 2003).

그러므로 새로운 지식을 공동 생산, 즉 새로운 지식을 창조하고 교환하는 조화된 노력을 하게 되는 과정과 그러한 구성원의 대다수가 지식의 생산과 재생산에 참여하고 있는 공동체가 중요한 의미를 갖게 된다. 이 공동체는 다음의 세 가지 성격을 갖는다. 첫째, 새로운 지식의 생산과 재생산 즉, 혁신의 원천을 확산시키는 과정에서 공동체의 수는 증가한다. 둘째, 공동체는 지식을 순환시키고 교환하는 '공공'의 공간을 만들어 낸다. 공공 공간에서 사전적으로 존재하는 공유된 개념, 용어의 합의 등은 지식 전달의 비용을 감소시킬 것이고 따라서 지식의 코드화와 확산을 더욱 용이하게 할 것이다. 셋째, 새로운 정보 통신 기술은 새로운 지식을 철저하게 코드화하고 전송할 수 있게 해준다(OECD, 2004: 20-21).

그러나 지식의 확산은 쉽지 않은 문제이다. Szulanski는 기업내부 지식 확산의 어려움을 다룬 논문에서 지식 확산을 네 단계로 나누고 각 단계에서 발생할 수 있는 문제를 언급⁹⁾하고 있다(Szulanski, 1996: 28-30). 지식확산

9) Szulanski (1996) 본문에서는 '최선의 방법을 전달하는 문제(transfer of best practice)'를 다루고 있어, 확산과 전달의 개념 차이, 지식과 최선의 방법의 개념 차이는 존재하지만, 지적 행위의 결과물이 쉽게 공유되지 못하는 문제를 다룬다는 점에서는 융통 가능한 것으로 보인다.

의 최초 단계는 촉발(initiation)로서 지식 확산을 결정하고, 확산에 적합하고 또 필요한 가장 좋은 지식을 찾는 단계이다. 다음은 실행(implementation)단계로서 지식 제공자와 수용자 사이에서 지식이 움직이는 단계이다. 이 단계에서 제공자와 수용자 사이에 지식전달에 특화된 사회적 관계가 형성된다. 수용자가 전달된 지식을 사용하기 시작하면 단계가 종료된다. 활용의 확대(ramp-up)는 수용자가 전달된 지식을 사용하면서 시작되는 단계이다. 이 단계의 최초에는 전달된 지식 활용이 부족할 수 있으나, 시간이 지날수록 활용이 커질 것이고, 최종적으로 만족할만한 결과를 얻게 될 것이다. 마지막 단계는 통합(integration)이다. 지식 수용자가 전달된 지식을 활용하여 만족할만한 결과를 얻어낸 후, 전달된 지식을 내재화된 지식으로 활용하게 될 것이다.

Szulanski는 다음의 요소를 지식 확산이 어려운 이유로 꼽고 있다. 우선 환원불가능성의 문제이다. 이는 암묵지의 존재와 같은 의미이다. 두 번째는 지식 제공자와 수용자 모두에게 존재하는 지식 전달동기의 부족이다. 지식 제공자는 지식이 주는 특권을 포기하고 싶지 않아하며, 지식 수용자는 자신의 지위를 위협하는 새로운 지식을 거부하거나 이에 대해 수동적인 태도를 보인다. 세 번째 요소는 신뢰성의 부족으로서 지식 제공자가 해당 지식에서 신뢰할만한 수준의 지식을 갖고 있는지 확인하기 쉽지 않은 경우가 있을 수 있다는 것이다. 네 번째는 지식 수용자의 수용능력 부족이다. 지식 수용자는 새로운 지식을 받아들이고 이를 유지할 수 있는 능력을 가져야하는데 그렇지 못한 경우 지식 확산이 어렵다는 것이다. 다섯 번째는, 조직의 한계이다. 새로운 지식을 받아들인 수용자도 이를 활용하는 정도에서 차이를 보일 수 있다는 것과 지식 전달이 쉽게 되기 위해서는 의사소통 관계가 원만해야 하지만 그렇지 못한 경우 지식 확산이 어렵다는 것이다.

2. 학제 간 지식에 대한 논의

Gibbons et. al (1994)는 현대 과학기술을 중심으로 지식생산방식의 변화

를 분석하며, 전통적 방식의 지식생산으로부터 새로운 방식의 지식생산으로의 전환을 제시하였다. Gibbons et. al은 이를 각각 Mode 1 지식, Mode 2 지식이라 하였다. Mode 1은 특정 영역(discipline) 내에서 이루어지는 지식형성을 지칭하는 한편, Mode 2는 영역간의 교차(inter-disciplinarity 혹은 trans-disciplinarity)에 의해 이루어지는 지식형성을 지칭하는 것이며 응용 부문을 중심으로 이루어진다는 것이다. 사회적 복잡성 및 과학기술의 발전이 Mode 2 지식생성을 유인하는 한편, 운송과 정보통신 기술의 발전 그 자체가 Mode 2 지식생성을 현실화하고 있다

‘Mode 2 지식’이라는 표현으로 학제 간(inter-disciplinary) 혹은 초학제간(trans-disciplinary) 지식형성의 기존의 지식형성과의 차별성을 주장하는 것은, 지식의 암묵성(tacitness)과 밀접하다. 전형화된 체계의(disciplinary)의 지식에 대한 연결이 하나의 지식에 또 하나의 지식을 단순하게 더하는 방식, 즉 코드화된 지식의 단순 집적만으로 달성될 수 없다는 것이다. 또한 이는 지식의 체화(embeddedness)에 대한 주장과도 밀접하다. 지식단위로서의 개인 혹은 조직에 대하여 지식이 단순히 이식(migratory)되는 것은 한계를 가진다는 것이다.

Gibbons et. al.에 의해 제기된 지식생산에서 학제 간 혹은 초학제 간 연계에 대한 논의는, 그간 지식의 암묵성, 지식의 체화 등의 개념과 함께, 비단 과학기술분야에 대해서만이 아니라 기업조직, 사회제도 등의 구조변화에 대한 설명에서, 나아가 기업 및 정부정책수립에 있어서의 대응을 촉구하고 있다. 즉, Mode 2 지식형성의 확산이 미래 지식형성의 방향이라 할 때, 이러한 지식형성에 대응하고 나아가 이를 촉구하기 위해서는 자금 분배, 정책우선순위, 정책구조 등의 변화가 요청된다는 것이다.

Nowotny et. al.(2003)에서는 Mode 1 지식을 과학 발견의 낡은 패러다임으로 설명하고 학제 간 분리에 사로잡힌 이론 실험 과학의 헤게모니로 특징

지어지지만, Mode 2 지식 즉 새로운 지식 생산의 패러다임으로 대체될 것이라고 부연 주장했다. Nowotny et. al.은 Mode 2 지식의 다섯 가지 특성을 주장한다. 첫째는 지식이 활용되는 맥락 속에서 Mode 2 지식이 나타난다는 것이다. 이론 실험과학에서는 이론이 만들어지고, 적용되며, 이전이 가능한 단계를 거치고, 근본적으로 관리 가능하다. 그러나 Mode 2 지식은 맥락에서 나타난 것이므로 이런 것들이 불가능하다. 둘째, Mode 2 지식은 문제를 해결하기 위한 과정에서 학문간 이론적 관점과 실용적 방법의 경계를 넘나든다. 학문의 경계가 반드시 필요한 것이 아니다. 셋째, Mode 2 지식은 형태 뿐만 아니라 지식이 만들어지는 공간도 다양하다. 넷째, Mode 2 지식은 매우 유연하다. 세계에 대한 객관적 묘사가 아니라 연구자와 연구 주체의 대화 과정이다. 다섯째, Mode 2 지식에서는 이를 검증한 동료의 존재하지 않는다. 이것의 가장 큰 귀결은 지식의 질을 결정할 명확하고 도전할 수 없는 기준이 존재하지 않는다는 것이다.

이를 현재 진행 중인 연구 과정의 변화와 맞물려 생각해 볼 때, 세 가지 이슈가 제기될 수 있다. 이는 다양한 변화의 방향 속에서 공통으로 확인되는 세 가지 속성이다. 첫째, 연구 우선순위의 변화, 둘째, 연구의 상업화, 셋째, 과학의 신뢰성이다.

이러한 이슈에 대한 비판은 연구가 시장과 정치적 명제에 종속된다고 보는 것이 과학적 대변화가 예측가능하고 계획 가능하다는 잘못된 가정에 근거한다는 것이다. 또 다른 비판은 사회 변화의 동학(dynamics)에 대한 설명 없이 과학의 변화가 사회로부터 영향을 받는다는 주장이 결국 핵심적인 동태적 요소를 설명하지 않았다는 것이다.

Nowotny et. al. (2001)은 이러한 비판에 대한 응답이다. 여기서는 Gibbons et al. 보다 논의를 진척시켜 ‘맥락의 의미’를 세분화하였다. 맥락은 세 수준으로 나누어 볼 수 있는데, 첫째 약한 맥락화이다. 국가의 R&D 프로

그램이 대표적인 예로서, 성공하기 위해서는 매우 단순해져야 한다는 것이다. 둘째 중간 범주로서 이는 대다수의 Mode 2 지식이 클러스터에서 만들어 진다는 데 기인한다. 소위 교역 지대, 거래 공간이라 부르는 곳에서 Mode 2는 맥락화의 형태를 결정하게 된다. 셋째 강한 맥락화이다. 여기서는 사회와 과학의 강력한 분절이 작동한다(Nowotny et. al., 2001: 121-165). 강한 맥락화의 측면에서, Mode 2 지식은 이공학적 지식 외의 인문학적 상상력과 사회과학적 현실인식과의 결합된 형태로 나타날 수 있는 것이다.

제3절 융합기술과 지식형성

본 절은 융합기술에 대응한 인적자원 문제를 검토하며, 앞서의 융합기술에 대한 논의와 지식형성에 대한 논의를 결합하려는 시도이다.

1. 기술변화와 숙련 간 조응의 문제

기술 발전과 인력 간 관계에 대한 논의는, 그간 인력수준(숙련수준이라 할 수도 있다)의 변화를 중심으로 상당히 다루어 졌다(대표적으로 D. Bell (1974), H. Braverman(1974) 등). 많은 연구에서 기술변화에 따른 고급인력에 대한 수요 증대, 저숙련 인력에 대한 퇴출, 동시진행 등에 대해 논의하고 있다. 그런데, 이러한 논의에서 간과될 수 있는 사항은 인력수준의 변화가 기술변화의 결과만이 아니라는 점이다. 인력의 변화는 기술변화의 전제이기도 하기 때문이다. 새로운 과학기술의 변화를 만들어낸다는 측면에서만이 아니라, 새로운 과학기술의 활용을 위하여 그에 대응한 인력이 마련되어야 한다는 점에서도 그러하다.

기술 발전과 인력 간 관계에 대한 고전적인 연구로서, Nelson and Phelps (1965)은 기술확산을 내생적으로 묘사하며, 기술 확산 과정과 교육의 대응을

보여주고 있다. 여기서 2개의 모델이 제시되고 있는 데, 첫 번째 모델은 평균 교육 습득이 클수록 신기술의 창조와 채택 간의 시간 차이가 작아진다는 것을 보여준다. 두 번째 모델은 실제 사용되는 기술의 증가율이 교육 습득 및 이론적 기술 수준과 실제 활용되는 기술 수준의 차이에 의존한다는 것을 보이고 있다. 교육수준을 인적자원수준이라고 간주한다면, Nelson and Phelps의 연구는 인적자원수준이 기술활용의 전제임을 논리적으로 보이고 있는 것이다.

한편, 또 다른 고전적인 연구로서, Griliches(1969)에서는 기술변화에 따른 숙련변화의 보완성(complementarity)을 보였다. 기술변화의 진행 속에, 고숙련노동자들이 저숙련노동자보다 높은 생산성을 가져오며 기술변화와 보완적이라는 것을 실증적으로 보였다.

1950년대부터 1990년대 중·후반까지의 ICT 기술변화와 그에 따른 숙련변화를 영국사례를 통해 실증적으로 분석한 Hwang(2001)의 연구에서는 Nelson and Phelps(1965)의 적응(Adaptation)가설과 Griliches(1969)의 보완성(Complementarity) 이론이 상호 배척되는 것이 아니라 함께 나타날 수 있음을 보이고 있다. 기술 발전에 따른 숙련 변화가 어떻게 나타나는지를 실증 분석하는 한편, 기술 발전에 숙련 변화가 전제됨으로써 생산성 향상이 어떻게 차이가 날 수 있는지를 보이고 있다.

2. 융합기술과 상호 교류의 문제

그간의 기술변화에서의 인력양성과 활용의 변화는 융합기술에서는 어떠한 변화를 가지는가? 새로운 지식은 다른 지식, 능력, 기술 그리고 자원들로 결합되어야 한다. 이는 선형이나, 순차적 사이클이라기보다는, 순환 고리안에서 상호연결 되어있다. 새로운 지식은 기업과 같은 구조 단위의 내부 혹은 외부로부터 야기될 수 있다. 어떻게 지식이 정확히 혁신 과정에 연결되느냐 하는

것은 다양한 분야에서 어떻게 혁신 과정이 조직되느냐에 의존하게 될 것이다. 산업, 서비스, 건강 등에서의 연결 패턴은 상당히 다를 수 있는 것이다.

이공래·황정태(2005)의 융합기술연구에 따르면, 융합기술의 창출 과정에서 여러 기술은 동시에 융합되는 것이 아니라 제품과 기능을 생성하는 데 필요한 기술요소를 순차적으로 융합시켜 나간다는 점이 강조된다. 융합 기술의 창출 과정은 적어도 한 가지 이상의 지식을 보유하고 있는 개인 간의 지식창출 과정 및 교류 패턴이라고 할 수 있다. 이는 지식인 개인의 사회화, 연결화, 표출화, 내부화 등 지식활동의 과정이 상호 연결되는 과정을 가리킨다.

Gorman (2005)은 기술발전에서의 상호교류의 문제를 ‘교환지역(trading zone)’의 개념을 통해 발전시키고자 한다.¹⁰⁾ 개인적 인지의 차이로부터 출발하여 개인과 개인의 연결, 나아가 그룹과 그룹의 연결을 통한 새로운 기술의 탄생과 이에 대한 대응을 해명하고자 하는 것이다.

개인적 인지는 차이가 있으며, 조직 내에서 이를 일치시키는 과정이 필수적이 된다. 즉 조직 내 개인 간의 사회적 상호작용이 중요하게 작용하게 될 것이다. 또 시장, 고객, 다른 공급자, 정부 등 집단에 영향을 미칠 수 있는 주체에서 나타나는 변화, 즉 집단 외적 사건이 집단에 영향을 미쳐 이른바 집단적 조우를 만들어내고 이것이 개인 간에 공유되는 지식, 집단적 인지를 만들어 낼 것이다.

집단적 인지는 사회적 상호 작용을 통해 개인지식을 집단 지식으로 전화시키고, 시스템적 특성을 가진 제품과 서비스를 생산하는 데 활용된다. 개인

10) 과학사가인 Peter Gaison은 레이더와 입자 가속기의 개발과정을 연구하면서, 상이한 학문 전통을 가진 과학자와 공학자 간의 불공약성 문제를 어떻게 해결할 것인가가 중요한 과제라고 보았다. Peter Gaison은 전문가 집단의 공동체 사이에서 혼합된 결과물, 공통의 언어를 만들어내는 교환지역(trading zone)이 불공약성을 우회할 수 있는 해결책이라고 제시하였다. 대표적인 예는 2차세계대전 중 원폭 개발과 레이더 개발을 꼽을 수 있다. 최근 인터넷의 개발과 입자 가속기의 개발도 이러한 예의 하나이다.

인지를 그룹 단위의 인지로 확장시켜 생각할 수도 있으며, 이 경우 그룹과 그룹의 연결을 통한 새로운 기술이 탄생하게 될 것이다.

교환지역은 하향식(top-down) 교환지역, 상대적으로 동등성을 띤(relatively equal) 교환지역, 개략적인 모형의 공유(shared mental model) 교환지역의 세 단계를 거치며 마지막 세 번째 단계에서 유의미한 결과가 나올 것으로 전망된다.

첫 번째 단계인 하향식 교환지역에서는 지배적인 그룹이나 개인에 의해서 최상위(superordinate) 목표가 통제를 받는다. 레이더 개발 과정에서 군 당국은 MIT 연구소가 군사적 요구사항에 적합한 장비만을 만들어 주길 요구했는데, 이에 대해 연구소 책임자였던 I.I. Rabi는 레이더, 항공기, 해군, 전술 모두를 이해하고 있는 사람을 군에서 과견해주도록 요구하였다. 이는 최상위 목표에 대한 상호 이해와 합의가 있어야 하며, 교환지역은 활동성과 참여자의 동등성을 보장해야 한다는 것을 의미한다.

두 번째 단계에서 자신의 경계가 분명한 연구 참여자들은 첫 번째 단계에서 제시된 목표에 따라 공동 작업으로 제품이나 시스템 개발을 하고자 한다. 그러기 위해서는 그 경계에 연구 참여자들이 동등한 지위를 갖고 마주하고 있어야 한다. 레이더 개발을 보면 Rabi가 군과 민간 부분의 연구 참여자들이 동등한 지위를 갖고 의견을 교환할 수 있게 한 것이 이에 부합하는 사례이다. 이 단계에서는 최상위 목표를 분명히 제시하고 이를 연구자들 사이에서 공유시킴으로써, 장비에 대한 개략적인 모형을 연구자들이 암묵적으로 공유할 수 있었야 한다.

마지막 단계는 연구자들이 최상위 목표와 분야 간 경계로 나누어진 시스템에 대한 형상(representation)을 동태적으로 진화시켜나가는 과정이다. 연구활동의 분업은 존재하지만, 조직은 경직화하지 않고 또한 위계적이지도 않

다. 연구 책임은 프로젝트 과정에서 변화하며, 연구자는 분과 경계를 넘나들고, 결과를 소통시키게 된다.

각 단계는 또한 전문 연구자의 수준 변화와 조응된다. 첫 번째 단계에는 전문 연구자가 전무하다. 하향식 교환지역이 형성되면서 상부로부터 명령이 내려오고, 분화되어 있는 하위 부서에서는 공유가 나타나지 않고 있다. 이 단계의 연구자는 지식을 공유하고 있지 못하고 장벽을 갖고 있는 상태이다. 상부는 결과에만 초점을 맞출 뿐이지, 결과를 이끌어내기 위한 과정에 대한 이해와 실천을 하고 있지 않는 단계이다.

두번째 단계에서 연구자들은 교환지역대에 형성된 규약(norm)과 언어를 이해함으로써 활발한 지식 공유를 시작하며, 연구자들은 학문간 경계를 넘어 상호 소통하게 된다. 마지막 단계에서 연구 성과를 충분히 공유한 연구자는 고유한 연구 성과를 내며 연구에 기여하기 시작한다.

제 4 장 융합기술과 인력양성: 각국 동향

제1절 미국

1. 개요

미국은 나노 기술을 중심으로 하는 일련의 워크숍을 통해 융합 기술 개발을 위한 체계적 지원 방안을 모색 중이며, 인력 양성 문제는 이 중의 하나로 포함되어 있다. 2015년까지 나노 기술로만 미국에서 2백만 명의 인력이 필요할 것으로 예상되는 가운데, 미국의 융합기술 인력양성에서 흥미로운 것은 융합기술교육에 대한 원칙과 구체적인 양성방안이다(Roco, 2002, 2005, 2006; Gorman, 2005; Michelson, 2005).

2. 융합기술 교육의 원칙

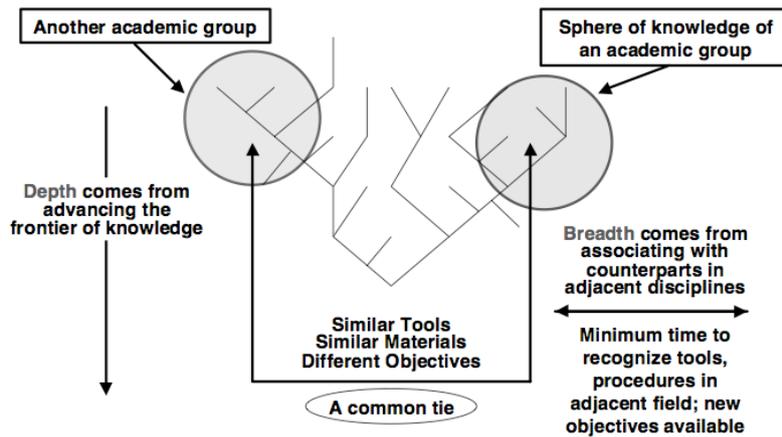
현장의 인력도 과학기술에 대한 다학문 접근을 통합시킬 수 있도록 훈련되어야 하는 것은 당연하지만, 새로운 기술의 발전 추이를 볼 때 새로운 인력을 어떻게 양성하는가가 보다 시급한 문제이다.

융합기술 교육은 학제 간 교육 프로그램, 특히 대학원에서 준비된 교육 프로그램을 통해 서로 다른 배경을 가진 연구자들과 협동할 수 있는 새로운 세대의 과학자와 공학자를 양성하는 것을 최우선 과제로 삼아야 한다. 이론적 훈련과 연구실, 산업, 실생활에의 적용에서 얻은 경험을 결합하여 연구와 교육을 통합시킬 수 있어야 할 것이다(Roco, 2002: 8).

융합기술교육의 과제는 새로운 지식을 창조하는 능력을 유지하며, 교육 과정을 폭넓게 하는 것이다. 연구의 폭을 넓히기 위해서는 우선 교육 기간을 늘리는 것을 생각할 수 있지만, 여기에는 많은 비용이 드는 반면 새로운 지식을 생산하는 데 효과적일지는 회의적이다. 교수와 학생은 비관련 학문의 수업을 교과 과정에 포함시키고자 하지 않을 것으로 예상되기 때문이다. 그렇다면 연구의 폭을 넓히기 위해 현실적으로 생각할 수 있는 방법은 서로 다른 분야의 연구자를 한데 모음으로써 깊이 있는 주제를 탐구하는 한편 인접한 학문 분야의 성과를 교환하도록 하는 것이다.

Tolles는 융합기술 교육에서의 깊이와 폭을 나누어 생각할 것을 제안하고 있다. 연구의 깊이는 대학 교육에서 중요하게 다루어지는 부분으로서 특정 분야에 대한 전문화된 인력양성을 의미한다. 연구의 폭이 넓으면 넓을수록 유연하게 변할 수 있는 가능성을 높여줄 것이다.

[그림 III-1] 융합기술 교육의 깊이와 폭



자료: Roco(2002: 375)

학문의 폭을 넓히기 위해서는 기존의 학문 구분을 인정하고 이를 활용해야 하며, 학문의 경계를 가로질러 공통 분모를 가진 연구 주제를 선택해야 한다. 따라서 값비싼 공통의 연구 설비를 활용하는 것도 학제 간 연구를 촉진하는 방법의 하나가 될 것이다(Roco, 2002: 374-5). 연구 설비의 공동 사용은 다른 연구자도 지적하는 융합 촉진 방법이다(Roco, 2002: 8-9). 정부 기관, 산업, 대학 연구실을 포함하는 연구 주체는 다양한 분야의 선진 정보 기술을 사용하여, 연구결과를 집적할 수 있어야 한다.

과학의 통합을 위해 현존 학문 분야 간 연구 문화 공유를 확대시키는 것도 필요하다. 학제간 저널, 주기적 학술회의, 연구 조직에 활발하게 참여하는 것도 연구문화를 공유하는 한 방안이 될 것이다. 융합기술 연구 성과를 만들어낼 과학자 집단을 만들기 위해, 핵심적인 분야를 상호 연결하는 비교가능한 대학원 교육 프로젝트가 추진될 필요도 있다.

그러나 근본적으로는 학문 간 의사소통을 활성화하고 그러한 능력을 배양

할 수 있는 노력이 선행되어야 한다. 여기서 수학의 역할이 중요하다. 수학은 학문 간 공통의 언어이므로, 깊이있게 다루어져야 한다. 수학은 과학자와 공학자 간 의사 소통을 위한 언어가 될 것이다. 그러므로 수학 교과서는 과학과 공학에서 사용하는 문제를 예로 포함하고 있어야 할 것이다(Roco, 2002; 8-9, 365-6).

이러한 관점이 과학과 공학 교육에서 일관되게 적용되어야 할 뿐 아니라, 유치원을 포함한 모든 교육과정에 반영되어 있어야 한다. 나아가 과학자들 뿐만 아니라 과학 기술의 사용과 연구 자금 지원을 결정하는 비전문 집단도 이를 인식하고 있어야 한다(Roco, 2005: 16).

새로운 교육 시스템은 융합기술 인력 유치의 자극제가 될 수 있을 것이다. 따라서 새로운 기술을 탐구할 수 있는 교육과 의사 소통이 이루어지는 실험장으로 교실은 탈바꿈해야 한다. 그러므로 교육의 새로운 방향은 기술 융합을 성공시킬 수 있는 가장 효율적인 방법을 찾아내는 것이어야 한다(Roco, 2002: 364-5).

3. 교과 내용 개편 방향

구체적인 교육과정안은 학교단위에서 마련되어야 할 것이다. 이를 위해서 중등 교육 단계에서부터 학교위원회, 교과과정 개발 위원회, 표준 시험 개발자를 포함하는 모든 교육 인력의 우수성과를 확인하고, 이를 표창하거나 인센티브 수당을 지급하는 방안도 고려해볼 수 있다. 정부기관이 기술 융합 교육을 목적으로 하는 교육기관에 대해 재정지원을 하겠다는 것을 명시하는 방안도 있다. 또 국가적 수준에서 교육 성과의 표준을 제시하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 기본적으로 과제 중심의 연구개발 시스템을 교육 과정 중에 체득할 수 있도록 해야 한다는 것도 강조되고 있다(Michelson, 2005: 62-63; Roco, 2002: 365-6).

융합기술 교육 과정은 기존의 교과 과정과 학교 시스템과 일정 정도 통합되어야 하지만 다른 한편으로 새로운 방식도 탐구되어야 할 것이다. 고등교육, 중등교육, 초등교육에 걸쳐 각 교육 단계별로 제안된 사항은 다음과 같다(Gorman, 2005: 77; Roco, 2002: 365-6, 416-23; Roco, 2005: 16).

먼저 대학원과 대학 교육 과정을 보면, 현재 박사과정의 마지막 단계가 되어야 학생들이 다른 분과 학문과의 연계를 생각하고 있는 문제가 있다. 따라서 현재의 학습 피라미드를 반대로 뒤집어 놓음으로써 물리학, 화학, 생물학, 공학의 모든 수준에서 통합적인 시각과 연구 동기를 갖도록 하는 발상의 전환을 생각해 볼 수 있다.

대학원 과정에서 대학원생은 자신의 핵심 전문 분야를 가지고 있어야 하는 한편 적어도 하나 이상의 다른 분야에서도 소통할 수 있는 능력을 갖추고 있어야 할 것이다. 이를 위해 융합기술 연구와 관련된 핵심 세미나에 참석해야 하며, 국가 수준에서의 워크숍에도 동참해야 한다.

학부 1학년이나 2학년부터 물질, 정보, 생체 시스템을 통합적으로 사고할 수 있는 기회가 주어져야 하며, 이를 실제 연구에 적용시킬 수 있도록 해야 할 것이다. 융합기술 연구와 관련된 한 개 이상의 통합 세미나를 듣도록 해야 하며, 대학 수준에서 학제 간 연구의 기초 세미나, 이중 전공, 실제 연구의 학부생 참여와 같은 통합 교육 프로그램이 활성화 되어야 한다.

이런 학습과정을 통해 동일한 기본 개념을 한 분야에서 다른 분야로 적용할 수 있게 될 것이며, 다양한 관련 분야의 잠재적인 활용 가능성을 통합적으로 바라볼 수 있는 시야를 갖게 될 것으로 예상해 볼 수 있다. 또 학생은 교수를 찾아 손쉽게 움직일 수 있어야 하고 학제 간 연구과제를 논문 주제로 선택할 수 있어야 할 것이다.

행정적인 면에서 대학과 대학원에서는 다학문 연구를 지원할 프로그램을 고안해야 한다. 또한 연구단체를 통하지 않고 학생에게 직접 재정지원이 있어야 할 것이다.

고등학교에서는 통상 분화되어 있는 기술과 과학 학습을 마친 학생들에게 통합적인 시야를 형성할 수 있는 기회를 만들어주어야 한다. 처음에는 과학 영재를 중심으로 교육이 이루어질 것이지만, 일반 학생들에게도 확산될 것이며, 활용과정에서 더욱 강화될 것이다. 교과 내용은 새로운 연구 발전을 담고 있어야 하며, 학생들의 필요와 해당 분야의 빠른 발전 속도에 맞게 연간 단위로 개정되어야 한다. 실례로 텍사스 주는 물리학과 화학을 통합시킨 교과과정을 개설한 바 있다.

중학교에서는 과학학습을 하는 초기단계의 학생들에게 각 분야를 연결시킬 수 있는 사고를 심어주는 것이 중요하다.

초등학교의 학생들은 아직 세분화된 학문 분야를 접하지 않은 상태이다. 따라서 이들에게는 문제해결에 초점을 맞추어 교과과정을 통합적으로 재구성해야 한다. 초등학교 고학년 학생들에게는 융합기술이 어떤 미래 과학과 기술을 어떻게 구성할 것인지 가르쳐야 할 것이다.

교과과정에서 교육도구는 융합기술의 결과물과 긴밀하게 연결되는 것이 좋다. 이를테면 두뇌 활동을 측정하는 기술과 인지 능력을 종합하는 기술을 활용한다든지, 뇌파와 자율신경계 연구를 활용하여 학생의 집중과 스트레스를 관리할 수도 있을 것이다. 주의 집중 및 기억 향상 기술은 이미 활용되고 있다. 웹사이트와 가상현실처럼 정보 기술을 이용한 교육 도구는 흥미를 유발할 수 있을 것이다. 온라인을 통한 교육은 실질적인 상시 교육체계를 확립하는 데 도움이 되며, 장거리 교육도 활성화 시킬 것이다. 또 수학과 논리를 가르치기 위해 게임을 활용하는 것도 방법이다. 실험 오류를 교정하는 과정까지 반영한 교육용 디지털 인터랙티브 게임을 개발할 수도 있을 것이다.

4. 융합기술 연구소 및 학습과정 개편 현황

조기 교육에서부터 장기적 관점에서 융합기술인력의 수급에 대한 대응을 하는 것은 중요한 사항이다. 현재, 나노기술에 대해서는 NCLT(Nanoscale Center for Learning and Teaching)나 비공식 교육과정인 NISE(Nanoscale Informal Science Education), 기타 미국 국립과학재단이 지원하는 네트워크들이 그러한 기능을 하고 있다.

물론, 학제 간 연구에 대한 지원은 나노 기술에만 국한되지 않는다. 미국 국립과학재단으로부터 2004년부터 3년 간 총 3천 650만 달러의 지원을 받는 학습 연구 센터(Science of Learning Center)가 그 대표적인 예다. 이 연구소는 Boston 대학, Carnegie Melon 대학, University of Washington이 공동으로 설립했으며, 생물학, 인지과학, 컴퓨터 공학, 수학, 신경학, 물리학, 사회과학, 공학, 교육학 분야의 전문가들이 학습과정에 대한 연구를 수행할 것이다(Roco, 2006: 9-11).

나노 기술과 관련하여 나노-생명(Nano-Bio) 분야의 연구소가 두드러진다. <표 III-1>는 주요 연구소의 학제 간 연구 프로그램, 학위과정, 체계적인 교수 임용 프로그램 여부, 연구 결과 등을 보이고 있다(Michelson, 2005: 54-55).

<표 III-1> 미국의 나노-생명 연구소

연구소명	관련 대학	설립년도	특성
NBTC(Nanobiotechnology Center)	Cornell 대학	2000년	-목표: 학제 간 연구 풍토 활성화- 생명 과학, 물리학, 공학자 간의 긴밀한 협력 연구 -40명 이상의 교수진 -생원자 장치 및 분석, 생원자 역학, 세포 미세역학, 세포 표면 간 상호 작용, 나노 단위 세포 생물학 등 다학제 간 연구 진행 중
CBEN(Center for Biological and Environmental Nanotechnology)	Rice 대학	2001년	-목표: 생명공학에서의 나노 기술 이용과 나노 기술이 인간 환경에 긍정적 개선 도구가 되도록 하는 것 -생명-나노 연구 뿐 아니라 나노-환경 연구도 진행 중
NSTS (Nanoscience and Technology Studies Program)	University of South Carolina		-나노 약학 분야에서 학부 및 대학원의 정규 교과 과정 운영 -나노 기술이 인체 및 생명체에 미치는 영향에 대한 학술회의 개최
CNT(Center for Nanotechnology)	University of Washington		-생명과학에 기반을 둔 물질을 연구하는 데 초점 -생물학적으로 호환되는 나노시스템을 만들어 내고자 함

자료: Michelson(2005: 54-55)

최근에는 생명-정보(Bio-Info) 분야도 활발한 성과를 내고 있다. 생명-정보(Bio-Info)관련 대학 연구소는 Boston University, the University of Michigan, the University of California at San Diego, Georgia Institute of Technology에 설치되어 있다. 특히 Stanford 대학 의학전문 대학원의 약학부 부설 SMI(Stanford Medical Informatics)가 유명하다. 이 연구소는 1999년 설립되어 20명 이상의 교수진을 확보하고 있다.

그리고 나노 기술 교육을 위한 연구소도 있다. 나노단위 학습 및 교수 기법 연구를 위한 NCLT(Nanoscale Center for Learning and Teaching)가 2004년 10월에 설립되었다. NCLT에는 Northwestern University, Purdue

University, the University of Michigan, Argonne National Laboratories, the Universities of Illinois at Chicago and Urbana-Champaign이 공동으로 참여하고 있다.

이 연구소는 미국 국립과학재단으로부터 5년 간 1,500만 달러를 지원 받을 예정이다. 이 연구소의 목표는 나노 단위 과학 및 공학 교육의 국가적 능력 제고로서, 나노 기술, 교수 도구 개발, 교육 결과 수합, 학생 인지 분야의 전문가가 협동 연구를 진행 중이다.

학생이 문제에서 출발(과학적 접근)하여 이를 해결하는 과정(공학적 접근)의 학습으로 이어질 수 있도록, 모듈화한 교수 도구를 개발하여 기존 중등 교육 커리큘럼과 대학 교육 과정에 통합시키고자 하고 있다. 대학 간 교류를 통한 교수진 워크숍, 사이버 인프라를 활용한 교육 등 다양한 교육 방식이 시도되고 있다(NCLT, 2007).

제2절 유럽

1. 융합기술 교육의 원칙

유럽의 융합기술 원칙도 미국과 비슷하게 연구 인프라를 강화하여, 젊은 연구자를 융합기술 연구로 끌어들이야 한다는 것과 중등 교육 단계에서 흥미를 유발시켜야 한다는 점을 강조한다.

미국과 다른 것은 융합기술 교육에서 사회문화적 요소를 강조하는 것이다. 우선 융합기술 교육은 평생 학습 과정의 일환으로서 고려되도록 한다. 그리고 인문학도들이 과학과 기술에 대해 창조적으로 접근할 수 있어야 하며, 한

편 자연과학도들도 분과 학문 체계를 넘어 자연과학과 사회과학을 통합시키는 사고를 할 수 있게 해야 한다고 여긴다. 따라서 학생들이 사회적 문제와 기술에 의한 잠재적인 해결책을 통합적으로 사고할 수 있는 상상력을 배양하도록 교육의 목표를 세워야 한다는 것이다(Nordmann, 2004: 43).

2. 교육 내용 개편 방향

2005년 유럽 나노 과학 및 나노 기술 연구 훈련 워크숍에서 나노 과학 및 나노 기술 연구 대표 Tomellini는 다양한 교육 개편 방안을 제시하였다. 새로운 학습 과정과 커리큘럼을 세우고 활용하는 것은 물론이며, 유럽이 미국에 비해 상대적으로 뒤처지는 연구 훈련 분야를 보충할 수 있는 내용을 포함시켜야 하는 데, 예를 들어 기업가정신에 대한 교육을 하는 것이다. 또한 포상제도를 활성화하여 Marie Curie 상에 나노 기술 분야를 마련하고, 신진 연구자의 연구를 고취시키기 위해 유럽 차원에서 나노 기술에 대한 상을 만들 것을 제안하였다.

문제 해결에 초점을 맞춘 교육 과정은 자연스럽게 학제 간 연구가 될 것으로 예상되지만, 연구수요가 있는 곳에서 네트워크, 프로젝트, 기타 프로그램을 하나로 합쳐 시너지 효과를 창출하고자 한다. 또 학제 간 연구를 증진시키기 위해 대학 교육 제도의 개선을 제시하고 있다.

석사 과정은 박사과정보다 더 광범위한 교육과정을 도입하는 것을 원칙으로 하여, 석사 과정을 통합시키는 것도 고려해야 한다. 석사과정은 최종적으로 지속적인 학문 경력 발전(CPD: continue professional development)과 박사 양성을 위한 모듈로 개발되어야 할 것이다.

박사 과정에서는 협동 연구를 증진시켜야 할 것이다. 서로 다른 학과의 감독 아래 박사 학위자를 배출할 수 있어야 하며, 화학 전공자가 물리학과에 재직하지 못하는 것처럼 학제 간 연구를 방해하는 제도적 제약을 극복해야 하는 문제도 있다.

고등학교 과정에서 나노 기술의 사례를 교육받아야 하고, 교사들도 나노 기술과 연관된 사고, 과학적 지식, 관련성을 교육받아야 한다. 프리젠테이션, 나노 키트 등과 같이 교육 과정에서 사용할 수 있는 교재 개발도 동시에 진행되어야 한다는 점을 지적하고 있다.

유럽적인 정책 제안의 특이성은 나노 기술 분야의 MBA나 나노 기술의 불확실성을 관리할 수 있는 전문 인력 양성을 제시하고 있는 점이다. 나노 기술 분야와 MBA 과정을 70: 30 혹은 50: 50으로 하는 교과 및 학위 과정 개설이 제안되고 있다. 이는 융합기술의 발전이 숙달된 기능적 전문가, 기업가 등 학제 간 능력, 다양한 능력 조합을 필요로 하기 때문이다. 이러한 인력은 기술적 문제 뿐 아니라, 사회적 문제, 윤리, 보건, 커뮤니케이션 분야에서도 필요하다.

사회과학, 철학, 기업가 정신과 같은 인문학의 공동 발전도 유럽적 가치에 기반한 제안이라 볼 수 있다. 또 나노 기술 연구는 안전, 보건, 환경 분야의 전문가와 공동 진행을 통해, 이러한 문제를 나노 기술 연구에 녹아들게 해야 한다. 나노 기술의 잠재적 위험성 뿐 아니라 장점도 홍보해야 하는데, 대중 홍보는 개발의 지속을 위해 중요한 요소이기 때문이다.

한편 기업가 정신 배양 과정을 개설할 필요도 제기되었다. 이는 평등한 교육 기회의 제공이라는 개념에서 접근하는 것으로서 대학 탈락자에 대해 창업 교육을 하고, 중소기업 창업 규제를 단순화하며, 초기 재정 지원 및 벤처 지원까지 이어지는 과정이 되어야 한다는 것이다.

3. 융합기술 연구소 및 학습과정 개편 현황

EU는 6차 연구 계획(6th Framework Program) 예산 중 2004년도 현재 15%인 5,500만 유로를 나노 연구 및 교육 분야에 투자할 계획이다(Institute, 2005).

EU의 보고서에서 Bibel은 독특하게 유아 교육의 중요성을 강조한다. 교육은 개인의 평생에 걸친 것이어야 하는데, 이는 유아 교육까지 포함하는 의미이다. 교육의 관점에서 이후의 시기가 중요하지 않다는 것은 결코 아니지만, 이미 심리학과 신경학의 연구 결과에 따라 5세까지의 교육이 중요하다는 것이 알려져 있다. 그러나 부모들은 이 시기의 유아를 어떻게 교육시킬 것인가에 대한 지침을 거의 모르고 있다. 따라서 부모들에 대한 교육이 선행되어야 하며, 각자의 상황에 맞는 실질적인 조언이 있어야 한다. 모든 부모가 육아 교실에 참여할 수 없을 것이므로, ICT에 기반한 조언 시스템이 도움을 줄 수 있을 것이다(Bibel, 2004: 9).

또한 Bibel은 새로운 교육/학습의 패러다임은 교수 중심(teaching-centered)이 아니라 학습 중심(learning-centered)이어야 한다고 강조한다. 행위, 소통, 공유를 통해 활동적인 학습 과정을 만들어야 한다는 것이다. 이는 모든 감각(시각, 청각, 촉각, 후각, 미각)과 방법(학교, 네트워크)을 이용해야 한다는 것을 뜻한다.

ICT 기술은 새로운 교육과정에서 적절하게 활용될 수 있다. 이를테면, 웹 세미나·수업, 디지털 도서관, 디지털 박물관 등은 훌륭한 학습 도구이다. 미래 학습·교육을 현실화시킬 핵심 도구와 애플리케이션으로는 다음의 것들을 언급하고 있다. 가상 환경과 가상 공동체, 학습과 지식 평가 과정에서 지능형 agent의 사용, 연결같으며, 적응적이며, 상호작용하는 사용자 인터페이스, 지능적인 수정 도구, 지역, 사회, 전지구적 차원의 활발한 네트워크, 모바일 기술, 컴퓨터 능력 및 처리 속도의 향상과 크기의 축소, 디스플레이 장치의 진화, 저비용 통신 및 컴퓨터 기술, 지능형 로봇의 일반화된 사용이 그것이다(Bibel, 2004: 11-12).

제3절 기타

1. 일본

일본의 기술개발 및 기술인력양성은 과학기술기본계획에 기초한다. 본 연구에서는 제3기 과학기술기본계획 중 융합기술과 관련된 인력양성부분을 정리하기로 한다.¹¹⁾

일본의 근래 기술인력양성에서 주목되는 것은 과학기술에 대한 기초연구에 인문 사회과학을 포함하며, 연구자 유동성을 강화하고 있는 사항이다. 다양한 지식과 혁신을 가져오는 기초 연구부문에 인문·사회과학을 포함시키며, 미래에 대한 대응을 목표로 하고 있다. 특히, 융합기술 부문을 국가연구개발의 중점 분야에 포함하며, 인문·사회과학의 진흥과 자연과학과의 융합에 의한 융합지식 창출을 도모한다.

연구자의 유동성 증대를 위하여 대학 및 공공 연구 기관 연구자의 계약기간제 확대를 도모하며, 민간 연구기관의 연구자까지 포함한 전체 연구자의 유동성을 높이고자 한다. 인력양성과 활용에서 내국인 뿐 아니라 외국출신 연구자에도 주목하는 한편, 초등중등교육 단계부터 연구자육성까지 일관한 종합적인 인재육성을 도모하고 있다.

대학의 학부단계에서는, 교양교육과 전문교육의 유기적 연계를 도모하며 전공·부전공을 조합시킨 커리큘럼의 구축, 현장과 밀착된 교육 방법론 도입 등이 촉구된다. 대학원교육은 학제 간 연계를 강화하며, 과학기술관계 인재

11) 제3기 기본계획은 2006년도에 수립되었으며, 2006~2022년의 기간을 대상으로 한다. 제1기 기본계획은 1996~2008년의 기간을 대상으로 하여 1996년에 수립되었으며, 제2기 기본계획은 2001~2017년의 기간을 대상으로 하여 2001년에 수립되었다. 기본계획 기간이 중첩된다는 것은 흥미로운 사항이다. 중장기적 관점에서 기본계획을 작성하는 한편, 환경변화에 대응하여 매 5년마다 다시 중장기 계획을 수립하는 것은 한국의 인적자원개발 기본계획, 과학기술기본계획 등에서 참고할 만한 사항이다.

육성의 중핵기관으로서의 역할을 할 수 있도록 질적 발전을 도모한다.

특히 자연과학과 인문·사회과학과의 융합 분야 등 사회의 니즈가 현재화하고 있는 분야나, 생물정보학, 나노테크놀로지(nano technology)등 급속히 발전하고 있는 분야에 있어서, 관련 연구인력의 양성·확보를 추진한다. 민간기업의 우수인재 양성 및 확보를 위해 인재투자 촉진 세제 등의 제도를 활용한 적극적인 인재양성을 진척시키는 동시에, 관련 산업군이 학교교육과도 연계를 강화할 수 있도록 지원한다.

일본의 융합기술 연구 과제는 선택과 집중으로 표현될 수 있다. 나노 기술 연구만 놓고 보면 2005년 회계연도 기준으로 810억 엔의 예산이 책정되어 있으며, 학제 간 연구 지원을 위해 2억 4천만 엔을 사용하고 있다. 학생 지원 사업으로는 나노 기술 여름 학교(Summer School), 학제 간 나노 기술 학교, 최첨단 나노 기술 관련 연구설비 공동사용, 인재 육성 학교와 같은 단기 학업 과정 개설 등이 특징적이다. 또한 신진 연구자 교환 프로그램을 활성화하여 이 분야의 선두 주자인 미국과의 연구교류를 활발히 하고 있다. 학교 교과 과정도 전략적으로 개편하여 새로운 박사 과정을 개설하고, 대학원의 교과 과정도 신규 개설했으며, 기업과의 연계를 위해 인턴쉽 제도의 활용을 제안하고 있다. 그리고 R&D 센터를 설립하여, 연구자 네트워크를 형성하고자 노력하고 있다.¹²⁾

2. 호주

호주는 이론과 실증 연구의 결론을 통해, 융합기술 정책에 대해 다음과 같은 5대 원칙을 제시하며 융합기술 인력양성을 도모중이다.

12) <http://www.nanonet.go.jp/english>

가. 기초 강화, 융합기술의 유·무형 자본 확보

융합 기술을 위한 유·무형의 자본에 투자하는 것이 경쟁력의 기반이다. 여기에는 인프라, 인적 자원, R&D, 관련 기술 자본과 같은 물리적 유형 자본 뿐 아니라, 기업 형태를 넘어서는 조직, 사회적 자본의 형태와 같은 무형 자본도 있다. 후자는 예를 들어 대중이 신기술 채택을 지원하는 성향도 포함된다. 융합 기술 개발을 활성화 하기 위해서는 특정 분야에 대해서는 정부 투자의 증가가 필요하며, 정부 이외의 투자자들의 대규모 투자 촉진도 필요하다.

나. 전세계적 통합 증대, 네트워크와 동맹 관계 형성 필요

기초 연구에서 제품 마케팅에 이르기까지 가치 사슬의 모든 단계에서 전 지구적 네트워크와 동맹 체제를 심화시키는 것이 경쟁력에 필수적이다. 이러한 통합을 지원하기 위해서는 특히 중국과 인도와 같이 새롭게 연구 및 응용 센터로 부상하고 있는 지역과의 관계를 고려하여 지원하는 세심한 주의가 필요하다.¹³⁾

다. 호주를 융합기술 응용의 전세계 중심으로 육성

호주는 자체적으로 융합기초 기술을 개발하는 데에는 여러 한계가 있다고 보고, 융합 기술의 상품 개발과 기초 연구의 틈새를 노리는 전략을 추진하고 있다. 그러나 일부 융합 기술의 응용 부분에서는 전 세계의 중심이 될 수 있다고 여기며, 이러한 분야는 정책적 우선 과제로서 체계적인 지원을 하고자 한다. 낮은 자본 비용과 기술에 대한 공개적 접근을 통해 맞춤형 제품을 생산하는 대규모 시장이 호주의 숙련 수준과 환경에 적합한 분야가 될 것이다. 호주 응용 개발 컨소시엄(Australia and Application Development Consortia) 내의

13) 최근 체결된 인도와 호주 간의 과학 기술 협력 기금(Indo-Australian Fund for Scientific and Technological Cooperation)은 한국으로서도 참고할 만하다.

대규모 프로젝트에 우선순위를 주고자 한다. 이러한 정책은 글로벌 시장에 활용될 응용 제품의 개발을 위한 공공 및 민간 자금 지원 활성화를 목표로 한다.

라. 다양화 상업화 방식에 대한 지원 확대

호주 기업은 글로벌 시장에서 경쟁력 있는 입지를 달성하는 데 많은 장애물을 넘어야 한다. 여기에는 지식 및 사업의 핵심부와 유리되어 있다는 것과 국내 시장의 소규모성과 미성숙성이 포함된다. 글로벌 시장에 진입하기 위해서는 호주 기업에 공공 지원을 강화해야 한다. 이는 비즈니스 모델의 다양성과 취약성을 고려하여 다양한 측면에서 고려되어야 한다.

마. 기술, 응용, 기관의 정책 조정

융합 기술의 진행과, 전지구적 경쟁의 강화에 직면한 호주 경제의 소규모성을 고려해 볼 때, 국가 정책은 기술, 응용분야, 국가 및 주 정부를 넘나들며 다차원적으로 조정될 필요가 있다.

3. 대만

대만은 초기 교육 훈련 과정을 개편하고 있는 것이 특징적이다. 특히 나노 기술관련 교육 과정 개편이 두드러진다. 2002년 교육부 주관으로 중등교육에서 나노기술교육 프로그램이 도입되었으며, 5개 지역 센터에서 대학 교수진이 대학 진학 이전 단계의 학생 및 교사들과 공동 작업을 수행하고 있다.

교사들이 다른 교사를 지도하기 위한 도서를 쓰고, 일반 대중 강연을 하고 있다(Nanotechnology Symphony-Physics, Chemistry, and Biology). 또한 웹사이트를 교육 활동과 자원 활용에 사용(<http://www.nano.edu.tw>)하고 있으며, 학생들의 호기심을 끌기 위한 교재도 발간하고 있다.

중학교 학생을 대상으로 한 만화책(Nano Blasterman)에서는 주인공이 나노 기술을 이용하여 악의 세력과 싸운다는 내용을 담아, 나노 기술을 소개하고 있으며 교육용 애니메이션("A Fantastic Journey for Nana and Nono")도 배포했다(NCLT, 2007; <http://www.nano.edu.tw>).

제 5 장 한국의 융합인력양성

제1절 융합인력양성의 필요성과 현황

그간 한국의 성장은 모방을 통한 선진기술 습득을 거쳐 이제 기술개발의 창조성 증대에 이르렀다(김인수, 2001). 기존 추격형 기술발전에서는 기존 요소의 결합에 의한 시스템 통합(system intergration) 중심의 기술개발이었다. 기술 개발의 최전선(frontier line)에 이른 상황에서는, “새로운 개념(concept, idea)-설계(design)-개발”(송위진 외, 2005: 248)이 요청되고 있다.

특히, 기술변화의 가속화 속에 기존 학제 간 구분으로 대응하기 어려운 융합 학문 분야의 지속적 등장과 확산으로 인해, 이에 대한 진단과 함께 이에 대응하는 인력개발전략 마련이 요구된다. 융합기술확산은 다분야 간 또는 학제 간 학습(Interdisciplinary studies)이 필수적이며, 이에 대한 관심과 국가적 투자가 전 세계적으로 증가하고 있는 실태임을 앞에서 확인했다.

한국도 이러한 문제의 중요성을 인식하는 가운데, 2005년 3월 국가과학기술자문회의에서 창조적 인재강국 실현을 위한 과학기술인력 육성 전략이 보고되었고, 이를 토대로 창조적 인재강국 실현을 위한 과학기술 인력 전략 실

천계획 로드맵(안)이 작성되었다. 이에 따라 대표적으로 BK21사업, 글로벌 혁신기업 차세대 핵심연구인력 양성사업, 차세대 융합기술개발 사업, 학제 간 프로그램 설치 운영을 통한 핵심연구 인력 양성사업 등을 추진하며 융합기술에 대응한 우수 인재 양성을 도모하고 있으나, 개선의 여지가 상당히 있다.

예산 측면에서는 교육부 2단계 BK21 사업(3,528억 원), 산자부 글로벌 혁신기업 차세대 핵심연구인력 양성 (94억 원), 과기부 차세대 융합신기술, 학제 간 프로그램 설치·운영을 통한 핵심연구 인력 양성 (National Core Research Center 사업, 26억 원 : 기존의 ERC, SRC 사업의 확산개념) 등이 대표적인 가운데, 2단계 BK21 사업을 제외하고는 사업비의 규모가 매우 작다.

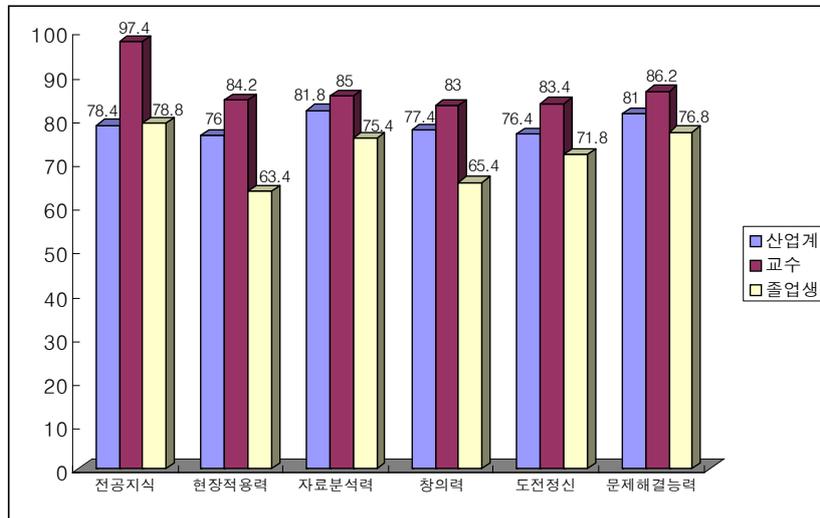
현재 추진되고 있는 기존인력양성은 글로벌 혁신유형, 주력산업 혁신유형, 지역 활력 제고 유형 등 산학 협력형 「맞춤형 인력양성」과 제 2단계 BK 21 사업과 같은 「핵심 연구 인력양성」 사업 등이 있으나 이들 인력 양성기조는 모두 하드웨어에 기반한 산업군(반도체, 디스플레이, 이동통신, 조선, 자동차, 철강 등)에 중점을 둔 인력양성이다.

이들 사업은 모두 차세대 성장 동력 산업군을 위한 인력양성이며 이들 사업단을 출범시키기 위해서 정부는 기업의 대응 자금을 요구하고 있다. 이는 우리나라가 현재 실제로 인력을 양성하고 있지 못하고 있는 분야, 그러나 미래에 폭발적인 부가가치를 형성할 단백질체학(Proteomics), 인지약학(Pharmacogenomics), 생리체학(Physiomics)과 같은 생명공학 및 신약개발 분야, 임베디드 소프트웨어(Embedded Software), 블록버스터 영화제작의 핵심 기술인 3차원 그래픽 소프트웨어 산업 등 Brainware 산업군 인력을 양성하는데에는 심각한 문제점을 내포하고 있다. 즉, 너무 현재 기업의 수요자적인 요구만을 받아들여서 맞춤형 교육에 치중하다보니 결국은 우리가 잘하는 Hardware Oriented 인력만을 양성하고 있지 Brainware형 인력양성은 수행하지 못하고 있는 상황이다.

보다 근본적으로는 이공계 인력양성 자체에 많은 개선필요성을 안고 있는 상황이다. 다양한 학문을 습득하도록 장려하기 위해 대학에서는 학부제가 도입되었으나, 현실에서는 교양과목 등 공통과목 위주로 학점을 이수하며 오히려 전공지식이 더욱 취약해지고 있는 현실이다. 2007년 연세대 공대 공학교육인증센터에서 기업과 교수, 학생 4,366명을 대상으로 조사한 결과를 보면, 삼성전자, LG전자, 두산중공업, 현대오일뱅크, 넥슨 등 대기업과 중소기업을 비롯한 100여 개 기관의 인사담당자 등 350명은 공대 졸업생들에 대해 전공 지식 등에서 상당한 불만을 나타내고 있다. 또한 현장에서 일하는 공대 졸업생들도 “대학 공부가 현재 직무에 도움이 되지 않는다”고 평가하고 있다.

공대 교수들이 자신들이 가르치는 ‘전공지식’에 대해 100점 만점에 97.4점을 주며 “잘 가르치고 있다”고 답한 반면 정작 대학이 배출한 인재를 받는 기업에서는 78.4점을 주고 ‘불만족스럽다’고 답해 19점이나 차이가 나 대학과 기업 간에 큰 인식 차이를 드러냈다.

[그림 IV-1] 학습 성과에 대한 평가(100점 만점): 2007년



자료: 연세대 공학교육혁신센터 2007. (동아일보 2007년 6월 28일 재인용)

또한 산업자원부에서 공대 교육 혁신을 위해 1999년 도입한 ‘공학교육인 증제’ 역시, 이에 대한 조사 결과에 따르면 애초 기대한 성과를 충분히 거두지는 못하고 있는 것으로 나타난다. 이러한 저조한 성과의 핵심 원인은 기업과 대학 간의 원활한 커뮤니케이션이 아직도 부족하기 때문이라는 평가이다. 시장에서 형성되어 있는 살아있는 정보가 대학에 잘 전달되지 못하고 대학이 아직 상아탑에만 머물러 있기 때문이라는 것이다. 기업과 대학 간의 이러한 괴리는 공대 졸업생은 넘쳐 나지만 정작 기업이 원하는 ‘공학도’의 부족 현상은 심화되는 결과로 이어지고 있다(동아일보, 2007.6.28).

최근에 우리나라가 겪고 있는 이공계 인력 부족의 문제는 최우수 인력이 이공계로 지원하는 것이 아니라 높은 부가가치를 창출할 신기술 분야의 인력이 없다는 것이다. 그리고 현재로써는 이를 해결할 방도가 없는 것이 더 큰 문제이다. 자체적인 양성 뿐만 아니라 해외에서 공급하는 것도 어려운 실정이다.

현재 국내 대학의 공학 인력 양성은 양적으로는 성장¹⁴⁾했으나, 질적인 성장으로 이어졌다고 말하기는 힘든 상태이다. 이는 연구중심 대학이 모토가 되면서 상대적으로 공학 교육이 소홀해졌으며, 전공과목 이수가 줄어들어 학생의 학업 능력에 차이가 생기기 때문이다.

기초연구업무를 수행하는 대학도 많은 문제를 안고 있다. 대학 조직의 경직성, 높은 학생 1인당 교수 비율, 교육 및 연구 지원 인프라의 낙후성, 획일적인 정년 제도, 안배적인 사고와 왜곡된 동료 의식, 교수의 행정 부담 및 보직 선호 문화, 낮은 연구개발비, 신기술 분야 교수진 부족 등이 대표적인 문제이다.

14) 공학사의 경우 학위수여자가 미국과 비슷하며, 영국보다는 2배 이상이나, 일본보다는 40%가 작다.

제2절 대학의 융합인력 양성 사례: IT 기술인력 양성을 중심으로

본 절에서는 IT 기술인력 양성을 중심으로, 현재 대학에서 진행되는 융합인력 양성의 전형적인 사례들을 살펴보기로 한다. 특성화학과 설치, 융합학과 설치, 대학원 수준의 산학연 협력, 대학 산학협력으로 분류하여 살펴본다. 본 절에서 이들에 대한 평가를 수행하는 것은 아니나, 앞서 3장의 이론적으로 검토한 사항을 기준으로 볼 때, 이하의 융합인력 양성프로그램은 대체로 융합인력 양성에 제한적일 가능성이 크다.

1. 특성화 학과 설치

가. 성균관대 반도체학과

성균관대 반도체학과의 정확한 명칭은 성균관대 정보통신공학부 내 반도체시스템공학전공으로 학부과정이다. 반도체시스템공학전공은 반도체 전문인력을 육성한다는 취지 아래 삼성전자의 전폭적인 지원 속에 2006년 신설되었고 정원은 100명이다.

반도체학과는 재교육이 필요없는 반도체 전문교육을 통해 21세기 지속적인 국가경쟁력을 담보하는 고급 반도체기술 인력 양성을 도모하며 교육목표를 다음과 같이 제시하고 있다.

- (1) 첨단 반도체 산업 동향에 근거한 수요자 중심의 교육
- (2) 첨단 반도체 설계 교육을 통한 반도체 전문가 육성
- (3) 첨단 반도체 분야에 즉시 투입 가능한 산업체 맞춤형 고급기술인력 양성

이를 위하여 교과과정을 삼성전자와의 산학협력을 통한 맞춤형 교과과정으로 구성하고 실습 위주의 실무형 교과교육을 지향하고 있다. 맞춤형 교과과정과 실무형 교과교육을 위하여 성균관대학교 정보통신공학부 교수와 삼성전자 박사급 연구원이 공동으로 수업을 진행하고 있다.

학생에게 주어지는 혜택은 삼성전자의 최소직무적성검사를 통과하면 졸업과 동시에 삼성전자에 입사할 수 있고, 최소 기준학점 이상을 취득하면 등록금 전액을 면제받을 수 있다. 이공계 무상 국가장학생 및 장영실전형 입학자는 매월 교재비 및 생활비를 추가로 지급받는다. 장영실 전형은 성균관대 반도체시스템공학전공에서 실시하는 신입생 전형이다. 과학고등학교 졸업자 혹은 졸업예정자에게 지원 자격이 주어지며, 1단계: 학생부(평어) 40% + 자기평가서(실적포함) 30% (3배수 선발), 2단계: 면접고사 30% + 1단계 결과(70%)를 통하여 신입생을 선발한다. 성균관대 반도체학과의 주요 교육과정은 집적회로, 통신 시스템, VLSI 설계, 임베디드 시스템 설계, 시스템 시뮬레이션 등이며, <표 IV-1>에 각 과정이 나타나 있다.

<표 IV-1> 성균관대 반도체학과의 주요 교육과정

교과이름	교과내용
집적회로	현대 VLSI의 주종을 이루고 있는 CMOS 회로설계 방법론을 중심으로 강의.
통신 시스템	실제의 통신에서 일어나는 문제와 통신의 응용에 대한 기본이론과 모델을 강의한다. 통신채널모델, 페이딩현상, 통신수신기의 구조 및 원리, 이동통신의 개요, 위성통신의 개요, 전파모델, 통신트래픽 모델, 동화이론 등.
VLSI 설계	디지털 VLSI 설계를 위한 기본 회로 설계 및 설계자동화 기법을 다룬다. MOS 기술을 이용한 LSI 및 VLSI 디지털 설계를 중심으로 하고 마이크로프로세서, 디지털 시그널 프로세싱, 멀티미디어 프로세서에서 사용하는 기본 모듈의 VLSI 설계 알고리즘 및 저전력 설계 기법을 습득한다.
임베디드 시스템 설계	임베디드 시스템을 위한 하드웨어의 구조와 실시간 운영체제를 포함하는 임베디드 소프트웨어의 이해를 목표로 한다. 인터넷 보급 이후 PDA를 중심으로 급속히 퍼지는 임베디드 시스템의 개발환경과 방향, 그리고 해당 요소기술들에 대해 학습한다. 운영체제와 I/O, 개발도구, 응용프로그램 등에 대하여 살펴보고, 임베디드 시스템용 CPU, 네트워크 접속기술, 그래픽 인터페이스, 임베디드 시스템용 TCP/IP 스택 등에 대해 소개한다.
시스템 시뮬레이션	상위레벨 설계에 필요한 컴퓨터 모델의 구축과 시뮬레이션 엔진을 이해하고, 결과를 과학적 수치해석으로 도출하는 과정을 학습한다.

나. 성균관대 휴대폰학과

성균관대 휴대폰학과는 삼성전자(정보통신총괄)와 산학협력을 통해 설립한 대학원 특성화학과(고용 약정형 계약학과)이다. 2006년 6월 8일, 성균관대 정보통신공학부 내에 휴대폰학과 추진위원회가 결성되었고 2006년 11월 3일, 삼성전자 정보통신총괄과 일반 대학원 내에 휴대폰학과 신설에 대한 협약을 체결하였다. 협약기간은 2011년까지이며 양쪽의 이의가 없으면 기간을 5년 연장하게 된다. 학과정원은 석·박사 과정 총 52명(석사 : 40명, 박사 : 12명)이다. 신입생 선발은 서류전형 → 삼성직무적성검사(SSAT) → 학교 면접 → 삼성면접 과정을 거쳐서 이루어지며 재학생에게는 등록금 전액을 지원하고 생활지원금 혜택이 주어지고 있다. 2006년 12월에 처음으로 신입생을 모집하여 석사과정 30명과 박사과정 3명을 선발하였다.

성균관대 휴대폰학과는 ‘차세대 휴대폰 기술을 이끌어 나갈 수 있는 고급 기술 인력을 양성, 첨단 휴대폰 산업 동향에 근거한 수요자 중심의 교육, 첨단 휴대폰 분야에 즉시 투입 가능한 산업체 맞춤형 고급 기술인력 양성’을 교육목표로 하고 있다. 산학협동을 통해 대학문을 나서면 기업에서 재교육을 할 필요없이 바로 현장에 투입할 수 있는 인력을 양성을 하는 것이 중심적인 목표이다. 교육과정 목표도 현장에 바로 투입할 수 있는 맞춤형 인재양성에 맞춰져있다. 성균관대 휴대폰학과는 교육과정 목표를 다음과 같이 제시하고 있다.

- (1) 첨단 IT 분야의 하나인 휴대폰 분야의 수요 증가로 인하여 산업체에 서는 휴대폰 분야의 맞춤형 첨단 교육을 요구하고 있는 추세이며, 이러한 요구에 부응하여 석·박사급 고급 우수 인력을 양성
- (2) 휴대폰 산업 발전 동향에 근거한 철저한 수요자 중심의 교육
- (3) 차세대 이동통신 기술을 포함한 휴대폰 분야의 특화된 요소기술 및 전체 시스템까지 총괄적으로 이해하는 핵심인재 양성

(4) 국제적 감각을 갖춘 창의적 인재의 배출로 차세대 이동통신 산업의 발전과 국가 경쟁력 강화에 기여

이런 교육과정 목표 아래에서 교육과정 또한 현장교육을 통한 역량 배양에 중점을 두어 다른 학과에 비해 차별적으로 운영되고 있다. 이동통신에 특화된 기초이론 교육을 강화하고 이동통신·휴대폰 시스템의 체계적 분석 및 프로토타입 설계 실습을 통하여 졸업 후 바로 개발·연구에 투입될 수 있도록 교과과정을 운영하고 있다. 또한 코스워크 이외에 삼성과의 이동통신 관련 프로젝트를 수행하고 실무 및 설계 부분에서 삼성전자의 박사급 핵심인력이 강의를 담당함으로써 현장과 밀착된 교육을 진행하고 있으며 연구그룹들 간의 협력을 활성화함으로써 전자산업계의 대세인 컨버전스에 유연하게 대응할 수 있도록 하고 있다. 외국어 능력의 배양을 위해서 핵심 과목들을 영어로 강의하고 있고 석·박사 졸업논문은 영어로 작성해야 한다.

<표 IV-2> 성균관대 휴대폰학과의 교육 과정 및 연구분야

교육과정	연구분야
차세대 이동통신	- 차세대 유무선 통신 N/W 및 근거리 통신망기술/이동통신 변복조 연구 - 표준연구, 변복조 방식, 멀티안테나 ALL-IP N/W
SoC 및 RF	- 휴대폰 통신모뎀, RFIC 및 응용부품 기술연구 - 모뎀 SoC((System-on-Chip)) 설계, RF, Sensor 등
임베디드 S/W	- 휴대폰 내장 S/W 기술연구 - 통신프로토콜, OS, 미들웨어 등
휴대폰 멀티미디어	- 콘텐츠 생성/관리/전송, 멀티미디어 기술연구 - 코덱, 화질/음질 개선 알고리즘, 음성인식/합성, 스트리밍, 검색기술
휴대폰 응용서비스	- 다양한 응용서비스 기술, 신개념 입출력장치/기술 연구 - Human I/F, 신개념 I/O, 모바일 뉴 헬스

각 연구 분야별로 연구그룹을 두고 5대 연구 분야 교육과정에 삼성전자 수석연구원이나 임원급 인력이 각 연구그룹별 지도 교수로 참여하고 있다. 지도 교수들은 인원 선발부터 논문 선정, 심사, 진학, 취업 지도 등을 담당하

면서 이론 뿐만 아니라 실무를 집중적으로 교육시키고 있다. 또한 삼성전자의 연구개발 프로젝트를 공동으로 수행함으로써 현장실습능력을 높이고 학교에 다니면서 기업의 문화와 산업 기술개발 환경 등에 친숙해질 수 있도록 교과과정을 운영하고 있다.

현장에 바로 투입할 수 있는 인재를 양성한다는 취지에 대응하며 삼성전자 또한 졸업생에 대하여 파격적인 지원과 대우를 약속하고 있다. 재학생은 삼성전자로부터 등록금 전액과 생활 지원금(석사과정 100만 원/월, 박사과정 140만 원/월 이상)을 지원받으며 졸업생은 졸업과 동시에 삼성전자에 취업하게 되는데 석사의 경우 삼성전자 입사 시 2년 경력을 인정한다. 박사의 경우는 4년 만에 박사학위를 취득하고 입사하면 1년 만에 책임연구원으로 승진시킬 예정이다.

성균관대 휴대폰학과는 전통적 학문 영역을 넘어서 기업이 원하는 실용적 인재 양성을 위한 대학과 기업의 산학협동의 산물로서, 맞춤형 인재 양성을 가속화하기 위한 선택의 결과이다. 과거 일시적 공동연구와 인턴사원 채용 수준에서 벗어나 대학이 직접 기업의 필요인력 양성을 하기 위한 과감하면서도 진전된 산학 협동의 새로운 모습이라 할 수 있다. 사회가 원하는 인재를 배출해야만 하는 대학과 미래를 창조할 인재가 필요한 기업이 산학협동에서 서로의 윈-윈 해법을 찾고 있다.

2. 융합학과 설치

가. 고려대학교 서창캠퍼스 디스플레이-반도체 물리학과

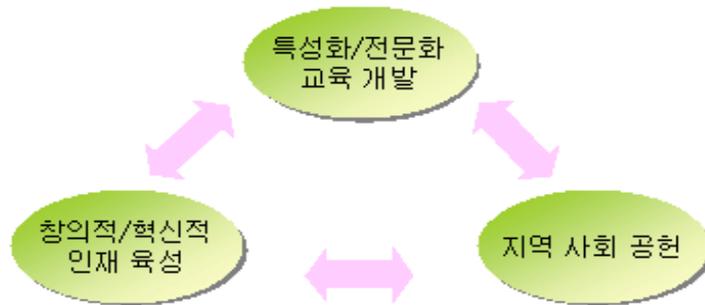
고려대학교 서창캠퍼스 디스플레이-반도체 물리학과는 2004년 NURI (New University for Regional Innovation ; 지방대학 혁신역량 강화사업) 사업에서 ‘충남 디스플레이 인력양성 사업단’의 참여 학과에 선정되었다. 충남 디스플레이 인력양성 사업단의 주요 내용은 <표 IV-3>와 같다.

<표 IV-3> 충남 디스플레이 인력양성 사업단의 주요 내용

구분	내용	
사업단	중심대학 : 호서대학교 협력대학 : 고려대(서창), 단국대(천안), 선문대, 순천향대, 한국기술교육대 참여기관 : 충청남도, 천안시, 아산시 등 지자체, 삼성전자, 삼성SDI, 한국DNS, 한국화학연구원 등 15개 참여인원 : 교수 96명, 학생 2,510명(연간 400~600명 양성)	
참여 학과	호서대학교	디지털 디스플레이공학과, 자연과학부/물리학전공
	고려대학교	자연과학부/신소재화학전공, 자연과학부/정보소자전공(현 디스플레이-반도체 물리학과)
	단국대학교	전자컴퓨터학부/전자공학전공
	선문대학교	신소재학과, 전자정보통신공학부/전자공학전공
	순천향 대학교	신소재·화학공학부/신소재공학전공, 기계공학과·건축학과군/기계공학과
	한국기술교육 대학교	메카트로닉스공학부, 신소재공학과, 정보기술공학부/전자공학전공
목적	지역과 국가전략 산업에서 요구하는 디스플레이 분야의 우수한 중견 전문 인력 양성을 통한 대학의 특성화	
주요 사업 내용	<ul style="list-style-type: none"> - 우수학생 유치 <ul style="list-style-type: none"> · 디스플레이 관련 산업체와의 협약을 통한 인턴 및 취업지원 · 우수학생에 대한 해외연수 지원 · 지역 내 우수학생 유치 프로그램 운영 - 인재양성 혁신프로그램 <ul style="list-style-type: none"> · 학제 및 교과과정 개편 · 분야별 전문 교육과정 모델 개발 및 운영 · 취업능력 향상 특별 프로그램, 대학 간 학점 및 교육과정 공유 · 제품기술과 연계된 졸업프로젝트 및 경진대회 - 교육시설의 특성화와 공동 운영 <ul style="list-style-type: none"> · 대학별 특화 실험 실습실 구축과 공동 활용 - 지역산업 고용촉진 <ul style="list-style-type: none"> · 인턴십을 통한 취업연계 · 산학위원회 활성화 · 취업박람회 등을 통한 고용촉진 	
국고 보조금	호서대학교	14억원
	고려대학교	9억원
	단국대학교	7억원
	선문대학교	7억원
	순천향 대학교	7억원
	한국기술교육 대학교	6억원

고려대학교 서창캠퍼스 디스플레이-반도체 물리학과는 NURI 사업 선정, 삼성전자와의 산학협력 체결, 교과목 특성화와 특별 프로그램운영 등에 따른 발전방향을 구상하면서 전공의 성격을 명확히 전달하기 위해 2005년 3월 1일부터 기존의 '정보소자학과'에서 '디스플레이-반도체 물리학과'로 과명을 개칭하였다. 과명을 개칭하면서 차세대 디스플레이용 TFT(박막트랜지스터) 소자, 방사선을 이용한 반도체 기반 의료용 디스플레이 소자 등에 관한 연구에 초점을 맞추고 있다. 기초과학을 다루는 물리학과에 실용학문을 접목한다는 취지를 학과 이름에 반영한 것이다. 학과의 미래에 대한 비전을 [그림 IV-2]과 같이 제시하고 있다.

[그림 IV-2] 디스플레이-반도체 물리학과 비전



고려대학교 서창캠퍼스의 디스플레이-반도체 물리학과는 NURI 사업에서 충남 디스플레이 인력양성 사업단의 참여 학과로 선정되어 정부와 충청남도, 삼성전자의 지원을 받고 있다. 이 지원을 통해 클린룸과 디스플레이 및 반도체 공정을 실습할 수 있는 최첨단 실습 설비가 구축 및 확장되었다. 교과과정에서는 4학년 인턴십을 의무화하여 대학과 현장의 연계를 꾀하고 있다. 또한 7년 간 산학협력을 체결하여 국내 디스플레이 산업체의 인턴십과 디스플레이분야의 해외 유명교수를 초청해 겨울 계절학기가 진행되고 있다. 졸업 전에 학과에서 추천하고 삼성전자의 취업 최소조건에 해당하는 영어능력과

창의력시험을 통과하면 삼성전자 인턴사원으로 채용되어 일정기간 연수를 거친 뒤, 삼성전자의 정규직 사원으로 채용되는 기회를 갖게 된다.

학교가 위치한 충남 지역의 대기업 디스플레이 제조업체들과 연계한 산학협동연구도 활발하다. 충남 지역은 삼성전자, 삼성 SDI 등의 디스플레이 모듈생산 단지가 조성되어 있는 등 국내 전체 디스플레이 모듈 중 50%가 충남 지역에서 생산되고 있다. 또한 지방자치단체가 적극적인 디스플레이 산업육성 의지를 가지고 있음으로 해서 디스플레이-반도체 물리학과는 산학연협력 네트워크를 활성화할 수 있고 모듈생산 업체를 중심으로 지속적으로 클러스터를 형성할 수 있는 등의 유리한 환경 요건을 가지고 있다.

나. 원광대 반도체·광 디스플레이 학부

원광대 반도체·광 디스플레이학부는 반도체학과와 물리학과, 물리교육과가 통합하여 만들어졌던 물리-반도체학부를 개칭한 학과로서, 반도체와 디스플레이를 접목한 학과를 신설해 두 분야 모두에 관심을 갖고 있는 학생들을 전문 인력으로 양성하고 있다. 고려대학교 서창캠퍼스 디스플레이-반도체 물리학과와 같이 기초과학을 다루는 물리학과에 실용학문을 접목한다는 취지로 학과 이름을 바꾼 특성화학과이다.

원광대 반도체·광 디스플레이학부는 교육목표를 ‘과학적 합리성과 창조적 기술력을 지닌 참된 인재를 양성’이라고 밝히고 있다. 21세기 정보사회에 있어서 기술문명을 주도할 핵심 학문 분야인 반도체 및 광학, 디스플레이 과학은 그 응용 범위가 확대되면서 학문의 구조에 있어서도 반도체 재료 및 소자, 광학, 디스플레이, 반도체 설계, 반도체 공정 등으로 구분 정착되어가고 있다.

현재 반도체 산업구조에 있어서도 같은 추세로 구분되어 발전되고 있는데

이에 맞추어 반도체 재료 및 소자는 물론 광학, 디스플레이, 반도체 설계 및 시스템 Integration, 결정성장 및 반도체 공정 등에 이르기까지 반도체 과학 전 분야의 원리적 이해로부터 응용에 이르기까지를 균형 있게 학습하고, 아울러 현장 지향적 실습을 병행하여 입체적인 교육을 실시한다는 것이다. 이로써 ‘차세대 반도체 연구/산업을 주도할 지식 기반을 갖춘 창의적 인재를 양성하여 우리나라 첨단 과학기술의 발전에 기여함’을 목적으로 한다고 밝히고 있다. 세계적으로 경쟁력 있는 반도체 및 광 디스플레이 인력 양성을 위하여 다음과 같은 교육 방향을 제시하고 있다.

- (1) 실험중심 교육 : 각종 반도체의 설계, 공정 및 특성분석 능력 배양
- (2) 현장중심 교육 : 관련 산업체에서의 현장 교육
- (3) 전통적인 공학에 각종 반도체 및 광학, 디스플레이의 핵심 기반 기술을 접목시킨 지식정보화 사회를 선도하는 첨단 공학도 양성
- (4) 반도체 재료에 대한 응용과 함께 반도체의 새로운 전기를 맞이할 수 있는 기초 능력을 배양
- (5) 반도체 집적회로를 기반으로 하는 반도체 집적회로 설계기술 및 소프트웨어 응용기술 등을 통합적으로 다룰 수 있는 전문인 양성 및 이러한 능력을 고루 배양

3. 대학원 수준의 산학협력

가. KAIST 하이닉스 반도체 ‘반도체공학 프로그램(KEPSI)’

반도체공학 프로그램(KEPSI : KAIST Educational Program for Semiconductor Industry)은 반도체, 정보통신, 고분자화학 등 특정 분야 전문 인력 양성을 목표로 시도되고 있는 한국과학기술원(KAIST)의 현장 지향적 맞춤형 프로그램의 시초라고 할 수 있다. KEPSI를 시작으로 KAIST에서는 데이콤, 하나로 통신, KTF 등 정보통신 업체와 정보통신 분야 인력을

배출하는 CTEP 프로그램, LG화학과 제일모직의 고분자정보 전자소재 분야 프로그램과 같은 현장 지향적 맞춤형 프로그램을 개설했으며 문화기술대학원, 금융전문대학원, 미디어경영대학원, 그리고 앞에서 언급한 EPSS도 같은 맥락에서 생겨난 것이라고 할 수 있다.

KEPSI는 다가오는 21세기 세계 반도체 기술을 선도할 수 있는 고급 기술 인력의 양성을 위하여, 1996년에 전자전산학부(전기 및 전자공학전공) 내에 신설되었다. 고도의 학제적 지식과 기술을 갖추고, 21세기 세계 반도체 기술을 선도할 수 있는 고급 인력을 양성하기 위해, 국비학생 정원과 별도로 해당 기업체로부터 지원을 받아 학위과정을 개설한 별도 정원의 특수 프로그램이다.

KEPSI는 현재 100명이 넘는 석사와 50여 명의 박사를 배출했다. KEPSI 프로그램은 그 성과를 인정받아서 2005년 6월 KAIST와 하이닉스 반도체는 재 협약을 통하여 프로그램을 연장하는데 합의하였다. KEPSI II 프로그램은 2005년부터 추가 선발을 시작하였으며 향후 50여 명을 선발할 계획이다. 박사과정은 석사과정 수료 후 연계진학만 허용되고 있다. KEPSI의 모집 인원 및 모집 예상인원은 <표 IV-4>과 같다.

<표 IV-4> KEPSI 모집 인원 및 모집 예상인원

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	계
석사과정	9	8	8	7			32
박사과정	3	2	4	3	3	3	18

KEPSI는 산학 연계를 위하여 하이닉스 반도체와 공동지도교수제도와 인턴십 제도를 두고 있다. 박사과정 지원 시 석사과정 전공 소개서, 박사과정 연구 계획서, 박사과정 지도교수 추천서를 참여기업 인사팀에 제출(KEPSI 사무국에서 일괄 제출)하고 참여기업에서 PT(석사학위 논문, 박사과정 연구

수행) 및 인성 면접을 실시한다. 그리하여 참여기업의 공동 지도교수 추천서를 받은 학생에 한하여 KAIST 박사과정 지원서를 제출할 수 있도록 하고 있다. KESPI의 산학 연계 모델은 [그림 IV-3]과 같이 나타낼 수 있다.

[그림 IV-3] KESPI의 산학 연계 모델



연구 분야는 VLSI 회로설계, 차세대 반도체 설계 및 소자가 중심이며 교과 과정은 한국과학기술원 전자전산학과(전기 및 전자공학전공) 교과과정을 따르고 있다. 이수할 경우 KAIST 전자전산학과(전기 및 전자공학전공) 석사 및 박사 학위를 받게 된다.

교과과정에서는 집적회로소자, 현대물리, 전자회로, VLSI 시스템, 아날로그 및 디지털 집적회로, MDS 소자 등에 대하여 다루고 있다. 또한 반도체에 대한 전문적 지식 뿐 아니라 ‘리더십 강화’, ‘기업가 정신과 경영전략’과 같은 과목을 개설하여 기업 문화에 적극적으로 적응할 수 있는 인재를 양성하고자 하고 있다. 주요 교과과정의 내용은 <표 IV-5>와 같다.

<표 IV-5> KEPSI의 주요 교과과목

교과목	교과 내용
집적회로프로세스	집적회로 제조에 필수적인 미세패턴 형성, 실리콘 산화막의 성장, 불순물 확산, 이온 주입, 박막 형성, 상호 연결, 패키징, 종합 공정 및 새로 등장한 마이크로머시닝 기술 등 집적회로의 제조 공정을 다룬다.
현대물리	양자역학과 통계역학의 기본개념에 중점을 두어 강의한다.
VLSI 시스템 개론	SoC(System-on-Chip)을 포함하여 VLSI 칩의 역할, 응용 및 설계와 검증에 관련된 여러 문제를 다룬다. 추가적인 내용은 HW/SW 동시 설계 및 동시검증, 완전주문형 설계, 재구성가능 시스템, 저전력 시스템, 연결과 패키징 기술, 클록 분배, VDSM(Very Deep Submicron) 문제 등이 있다.
MDS 소자 물리	MOSFET 소자의 물리현상과 소자 소형화에 따른 효과를 밀도 있게 다룬다. 최근 나노소자 MOSFET에서 활발하게 진행되고 있는 신구조, 신물질을 이용한 기술 동향에 대해 소개를 하고, 구체적 응용 사례로서, 다양한 메모리 소자를 다룬다. 또한 양자효과, 소자의 신뢰성, 모델링을 다룸으로써 차세대 소자에 대한 충분한 기본 지식과 응용능력을 갖추도록 한다.

학생에게 주어지는 혜택은 교육경비가 전액 지원되며 국비장학생 기준에 준하며 해당 실험실에 지원되는 논문연구비가 있다. 또 장학금(석사과정 : 70만 원/월, 박사과정 : 110, 120, 160, 170, 190만 원/월), 해외학회 참가비(석사과정 1회, 박사과정 2회) 등을 지원하며 졸업 후 참여기업으로의 취업이 보장된다. 단 일정기간(학위취득기간의 2배) 동안 참여기업에 종사할 의무가 부과된다.

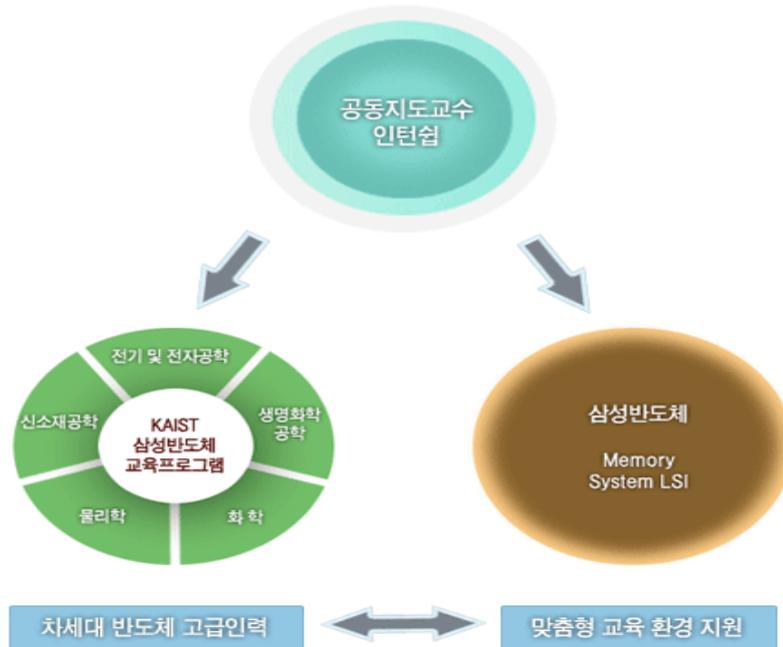
나. KAIST '삼성 반도체 교육 프로그램(EPSS)'

한국과학기술원(KAIST)은 로버트 러폴린 총장이 부임한 2004년부터 본격적으로 맞춤형 교육에 나섰다. 반도체, 정보통신, 고분자화학 등 특정 분야 전문 인력 양성을 목표로 시도되고 있는 맞춤형 프로그램 중 하나가 KAIST 삼성반도체교육프로그램(EPSS: Educational Program for Samsung Semiconductor)이다.

EPSS는 메모리 및 시스템 LSI 분야의 반도체 설계 및 소자, 공정 관련 핵심 고급 인력을 양성하기 위하여 5개 학과(전기 및 전자공학전공, 물리학과, 화학과, 생명화학공학과, 신소재공학과)가 공동으로 참여하여 2005년 8월 설립하였다. 대학원 과정으로서 석사 및 박사과정이 있으며, 소속 학과와 “반도체학제전공”의 이수요건을 동시에 만족한 경우 학위기에는 “반도체학제전공”과 학생이 소속한 참여 학과 명칭이 동시에 기록된다.

EPSS는 삼성전자와 공동 지도교수 및 인턴십 등을 운영하고 KAIST 반도체학제전공의 맞춤형 교육과정을 통해 향후 이론과 실무를 겸비한 240명의 석·박사급 인력(박사급 30%)을 양성한다. 해당 기업에 차세대 반도체 고급 인력을 안정적·지속적으로 지원함으로써, 기업과 대학이 상호 윈-윈할 수 있는 성공적인 산학협동 모델을 구축해 나가고자 노력하고 있다. 모집학과(분야)는 전자전산학과(전기 및 전자공학전공), 물리학과, 화학과, 생명화학공학과, 신소재공학과이고 박사과정 장학생으로의 지원은 EPSS 석사과정 수료 후 연계진학만 가능하다. 신입생 모집과정에서 특이한 것은 1차 서류심사 합격자는 삼성전자 입사지원서를 작성하고 삼성전자에서 별도로 실시하는 삼성면접에 응시해야 한다는 것이다. 입학과정에서부터 산학연 연계를 기본적인 목표로 하고 있다는 것을 알 수 있다. EPSS의 산학 연계 모델은 [그림 IV-4]와 같으며, 현재 모집한 인원과 모집 예상인원이 <표 IV-6>에 나타나 있다.

[그림 IV-4] ESPP의 산학 연계 모델



<표 IV-6> EPSS 모집 인원 및 모집 예상 인원

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	계
석사	40	40	40	40	40	40	0	0	240
박사	0	0	12	12	12	12	12	12	72

EPSS는 최적화된 맞춤형 교육을 위하여 별도의 “반도체학제전공” 교과과정을 개발하였다. EPSS 학생은 반도체학제전공과 소속 참여 학과의 교과과정을 동시에 이수하도록 하여, 졸업 후 입사하여 기업에 바로 기여할 수 있는 “이론과 실무를 겸비한 인재양성”에 목표를 두고 있다.

학제 전공필수 과목은 ‘반도체공정실험(Semiconductor Process Laboratory)’ 과 ‘메모리소자(Fundamentals of Memory Devices)’이고 반도체 분야에서의

실질적인 연구 수행 능력을 갖추도록 하기 위하여 강의를 KAIST 교수진과 삼성전자 임원진이 공동으로 진행한다. 또한 현장 경험을 쌓도록 하기 위하여 석사과정과 박사과정 모두 인턴십프로그램을 수행하도록 하고 있다. 주요 교과목과 교과 내용은 <표 IV-7>와 같다.

<표 IV-7> EPSS 주요 교과목과 교과 내용

교과목	교과 내용
반도체공정실험 (Semiconductor Process Laboratory)	MOS 트랜지스터를 제작해 보는 과정을 통해 반도체 공정 전반을 실습한다. 청정실 사용법을 익히고, 산화막 성장, 리소그래피, 식각, 확산, 박막 증착 등의 공정을 실습하며, 제작된 MOS 트랜지스터의 특성을 측정하고 분석한다.
메모리소자 (Fundamentals of Memory Devices)	메모리소자(Fundamentals of Memory Devices)는 비 전자공학 출신 자들도 배울 수 있도록 pn 접합 이론, MOSFET 트랜지스터 동작 원리 등을 학습한다. 이후 DRAM, SRAM, Flash Memory 소자의 구조와 동작 원리에 대해서 학습하고, 차세대 미래형 소자 및 메모리 구조를 학습하여, 최종적으로 메모리 소자 전반에 대한 지식을 KAIST 교수진과 삼성전자 임원들로 이루어진 강사진으로부터 배우고 익히도록 한다.
석사과정 인턴십 프로그램	반도체 학제 전공 석사과정 이수를 위해서 여름학기에 관련기업에서 8주 동안의 인턴십프로그램을 수행한다. 인턴십프로그램의 목적은 반도체 분야에서의 실질적인 연구 수행 능력을 갖추게 하는 것이다.
박사과정 인턴십 프로그램	반도체 학제 전공 박사과정 이수를 위해서 관련기업에서 6달 동안의 인턴십프로그램을 수행한다. 인턴십프로그램의 목적은 반도체 분야에서의 실질적인 연구 수행 능력을 갖추게 하는 것이다.

학생에게 주어지는 혜택은 교육 경비가 전액 지원되며 국비 장학생 기준으로 해당 실험실에 논문 연구비가 지원된다. 해당 기업체의 장학생으로 연차별 별도의 장학금(석사 70만 원/월, 박사 년차별 80, 90, 140, 150, 170만 원/월) 및 주거비(20만 원/월)가 매월 지급되며 졸업 후 참여기업 취업이 보장된다. 단 일정기간(수혜기간의 2배) 동안 참여기업에 근무할 의무가 부과된다.

4. 대학 산학협력

가. 한이음 사이트의 교과과정 개발

한이음(<http://www.hanium.or.kr/>)은 정보통신부와 정보통신연구진흥원이 개발하고 한국정보산업연합회가 운영하는, 기업과 대학이 함께 수요지향적 인력을 양성하는 IT 전문 인력양성 사이트이다. 이를 위하여 기업의 수요에 근거한 교과과정 및 커리큘럼을 통해 실무에 바로 투입될 수 있는 맞춤형 IT 인력을 양성하는 것을 목표로 하고 있다.

한이음에서는 대학과 기업이 연계하여 수요지향적 교과과정을 설계할 수 있는 사이버 공간을 제공하며 결과물을 조회하는 데이터베이스를 제공하고 있다. 한이음에서는 표준교과과정의 의미를 다음과 같이 제시하고 있다.

- (1) IT분야의 전공심화교육을 위하여 방대한 IT 교과과정 중 일부를 추출하여 체계적으로 구성한 교과과정
- (2) 졸업 후 진출할 수 있는 IT 분야의 특성을 고려하여 학부 수준에서 적절하다고 생각되는 정도에서 분류되었으며, 각 트랙별 특성에 맞도록 체계적으로 교과과정을 구성함으로써 학생의 수강지도 및 진로지도에 활용이 가능한 교과과정 체제

한이음에서 제시한 표준교과과정은 <표 IV-8>와 같다.

<표 IV-8> 하이옴의 표준교과과정

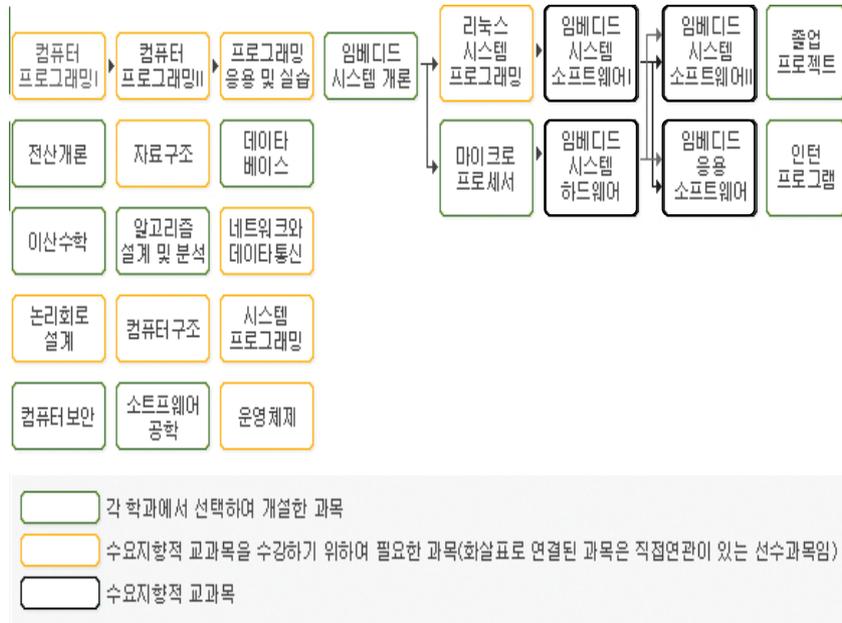
트랙 분류	트랙별 주요 필요지식과 기술
EM트랙 (Embedded System Software)	Embedded system H/W 설계 기술 습득 Embedded Linux, RTOS, Windows 운영체제 활용 기술 습득 기존 프로그램의 분석 및 수정, 이식 기술 획득 디바이스 드라이버 제작 기술 분산시스템 및 실시간 관련 기술 습득 사용자 인터페이스 개발 관련 기술 습득
SD트랙 (Software Development)	이벤트 기반 프로그래밍 기술 시스템 프로그래밍 기술 네트워크 프로그래밍 기술 데이터베이스 프로그래밍 기술 모바일 프로그래밍 기술
SI트랙 (System Integration)	웹 어플리케이션 프로그래밍 기술 소프트웨어 모델링 기법에 대한 지식과 적용 기법 네트워크 개념 및 응용 기술 소프트웨어 아키텍처의 이해
BI트랙 (Business Information Technology)	데이터베이스, 정보통신, 프로그래밍 등의 정보기술 기업경영에 있어서의 정보기술의 활용 및 관리에 대한 이해 e-비즈니스 사업모형을 설계하거나 구현할 수 있는 실무적 지식 e-비즈니스 애플리케이션(ERP, SCM, CRM 등)에 대한 실무적 지식 기업경영에 있어서의 데이터마이닝/OLAP의 활용에 관한 실무적 지식 웹 서비스 개발 프로젝트 수행 실무 경험
MM트랙 (멀티미디어 및 게임)	게임 개발에 필요한 기술과 지식 멀티미디어 분야에 필요한 기술과 지식
MU트랙 (Multimedia Software)	신호처리와 음향 처리 이론 및 기술 멀티미디어 국제 표준에 대한 지식 멀티미디어 관련 고급 기술 컴퓨터 그래픽스 관련 이론 및 프로그래밍 기술 DirectX 프로그래밍 기술
CS트랙 (Communication Systems)	기본적인 디지털통신 및 신호처리 지식 확보 무선통신과 데이터통신의 이해와 응용
MI트랙 (Microelectronics)	기본적인 반도체 물성 및 소자의 이해 초고주파 수동·능동 회로 반도체 집적회로 공정기술 트랜지스터 레벨 회로 설계 및 해석
ES트랙 (전자응용시스템)	통신시스템 설계에 필요한 전력전자 기술 확보 정보통신분야에 필요한 제어공학 기술 확보
CE트랙 (Computer Engineering)	프로세스 관리, 저장장치 관리, 입출력 시스템 및 실시간 시스템에 대한 이해

<표 IV-8> 표준교과과정 트랙 중 한 사례로서 EM 트랙을 살펴보기로 하자. Embedded Software는 특정 기능을 수행하는 시스템을 관리 제어하기 위하여 시스템 내에 내장되어 있는 컴퓨터 소프트웨어를 말하는데, 데스크탑 컴퓨터에서의 응용프로그램 개발과는 달리 하드웨어를 직접 제어하는 부분이 많고, 실시간성, 고신뢰성, 병행성 등을 요구하므로 프로그램을 설계, 구현, 테스트하는 데 어려움이 많다. 또한 사용하는 CPU, 사용하는 운영체제 등의 개발환경도 매우 다양하기 때문에 익숙해지기 어렵다는 문제점을 갖는다. 따라서 하드웨어 및 소프트웨어를 통합한 시스템 전반에 대한 이해를 바탕으로 설계와 개발이 가능한 인력이 요구된다.

Embedded Software 개발 분야는 전체 소프트웨어 개발의 70% 정도를 차지할 정도로 많은 인력을 요구하고 있고, 이 중 시스템 소프트웨어 분야에 대한 요구도 계속 증가하고 있으나 이를 위한 전문 교육 체계는 미흡한 상태로 보통 전자공학과나 컴퓨터공학 분야의 인력이 현장에서 수개월에서 수년까지 훈련을 받은 후에 개발에 참여하는 형태로 인력 공급이 이루어지고 있고, 그나마도 체계적인 교육과정이나 교재가 제대로 개발되어 있지 않은 상태이다.

이에 대하여, 산업체가 산업수요 교과목의 교안 작성에 직접 참여함으로써, 임베디드 시스템 내에서의 하드웨어 제어 프로그램으로부터 응용 프로그래밍까지를 통합적으로 접근할 수 있는 임베디드 시스템 프로그래밍 개발 인력 양성이 효율적으로 진행될 수 있게 될 것이다. 따라서 EM트랙은 하드웨어의 설계 및 개발 능력을 가진, 혹은 팀 프로젝트에서 하드웨어를 확실히 이해하고 하드웨어 개발자와 공동개발이 가능하며, 시스템 개발 환경을 구축할 수 있고, 임베디드 시스템 내에서의 하드웨어 제어 프로그램으로부터 응용 프로그래밍까지를 통합적으로 접근할 수 있는 기반 지식을 가진 임베디드 시스템 프로그래밍 개발 인력 양성을 목표로 한다. 흔히음에서 제시하는 EM 트랙의 교과과정은 [그림 IV-5]와 같다.

[그림 IV-5] EM 트랙 교과과정



<표 IV-9>은 흔히음 사이트를 이용한 산학협력 SCM 참여 현황을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 프로젝트 수, 참여 멘토, 참여 멘티 등의 수가 지속적으로 증가하고 있다. <표 IV-10>에는 참여 멘토 및 참여 학과의 지역별 분포가 나타나 있다.

<표 IV-9> 흔히음을 프로젝트 수, 참여 멘토, 참여 멘티

	프로젝트	멘토	멘티
2005	267	122	1,237
2006	771	564	2,646
2007(8월 현재)	632	780	3,236

<표 IV-10> 참여 멘토 및 참여 학과 지역별 분포

	참여 멘토 지역별 분포		NEXT 사업 참여학과 지역별 분포 (2007년)	
	명수	비율	참여 학과수	비율
수도권	419	54%	40	40%
충청	184	24%	14	14%
경상	140	18%	36	36%
전라	22	3%	7	7%
강원	.	.	3	3%
해외	12	2%	.	.
기타	3	0%	.	.
계	780	100%	100	100%

하지만 아직은 산학협력 SCM 및 혼이음 사이트에 대한 인지도가 높지 않은 가운데, 산학협력 SCM 만족도도 높지 못한 실정이며, 현재 혼이음 사이트 참여학과는 NEXT 사업(정보통신부 대학 IT 분야 지원사업)에 참여하는 학과에 한정되어 있다. 혼이음 사이트 회원수는 <표 IV-11>와 같다.

<표 IV-11> 혼이음 사이트 회원수

년도	기업회원	교수회원	학생회원
2005	309	409	5,337
2006	974	1,168	13,328
2007(8월 현재)	1,328	1,362	17,215

제3절 한국정보통신대학교 융합인력 양성을 위한 발전 모델

1. 검토 배경

1997년도 설립한 한국정보통신대학교(이하 ICU)에서는, 거시적으로는 정보통신지식 간의 결합을 통한 융합에 장기적인 방향을 설정하고, 미시적으로는 전산과 통신의 융합(IT기술 간 융합), IT와 사회과학의 융합(기술과 경영의 결합), IT와 기초과학과의 융합(생물학과 정보통신의 융합 등)으로 3개의 축을 이루며 융합연구를 진행하고 있다. 본 절에서는 ICU 내부에서 검토되는 IT와 기초과학과의 융합(생물학과 정보통신의 융합 등)부문 융합연구인력양성 모델을 살펴보고, 타 대학 및 타 분야의 융합연구인력양성을 위한 시사점을 찾기로 한다.

2. 기초과학 및 융합기술 트랙과 생물정보학 Lab 현황

1) 기초과학 및 융합기술 트랙(Fundamental Science and Converging Technology Track) 소개

급변하는 21세기의 글로벌 리더십을 획득하기 위한 핵심 전략으로 다양한 과학기술 분야의 혁신적 융합이 대두되고 있다. 이미 20세기 후반부터 생명공학, 나노과학 등 돌파형 기술혁신(breakthrough innovation)과 함께 로봇틱스(robotics)나 바이오인포매틱스(bioinformatics)와 같이 요소기술을 활용하여 새로운 기술을 탄생시키는 융합기술혁신(fusion innovation)의 발전이 가속화 되고 있다.

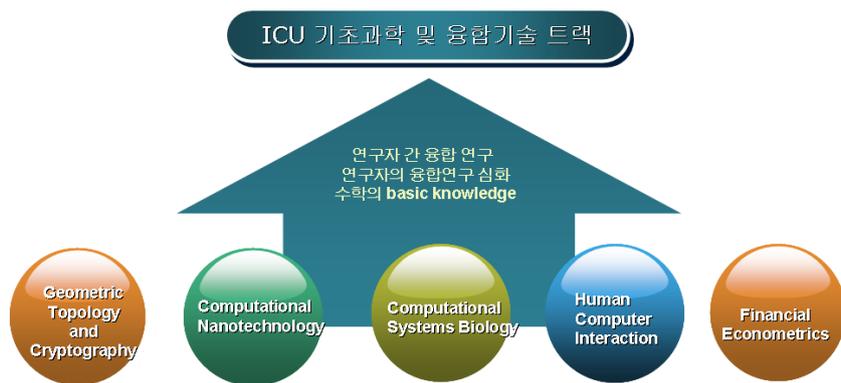
생명과학과 정보기술의 융합으로 탄생한 바이오인포매틱스는 인간게놈프로젝트(Human Genome Project)로 인해 방대한 양의 생명정보데이터가 양산됨에 따라 이를 효율적으로 처리하는 수단으로서 주목을 받게 되었으며,

유전체학(Genomics)이나 단백질체학(Proteomics)과 같은 첨단 생명공학 분야가 발전하게 되면서 그 수요가 급증하게 되었다. 특히 바이오인포매틱스는 의약분야에서 신약발굴에서부터 임상실험에 이르는 연구개발과정의 기간의 단축과 연구 효율성을 높이는 데 결정적인 역할을 할 것으로 기대되고 있다.

이에 대하여 “기초과학 및 융합기술 트랙”은 첨단의 기초과학 분야와 태동하는 융합기술 분야를 교육하고 연구함으로써 차세대를 선도할 획기적 기술을 창출하는 것을 목표로 한다. 이러한 목표를 위해 수학, 물리학, 생물학, 전산학, 인지과학, 사회과학 등 다양한 전공분야의 교수진이 참여하여, 복합 분야의 지식과 기술을 자유롭게 교환, 융합하고 새로운 기술을 창조할 수 있는 독특한 협력 환경을 구축하고자 한다.

기초과학 및 융합기술트랙은 학생들이 다양한 기초 과학과 융합 기술 분야에서 창조적으로 사고하고 연구하며 나아가 이를 활용할 수 있도록 교육하여, 차세대 지도적 기술인력에게 요구되는 소양을 갖추게 하는 것을 목표로 한다. 또한 학생들로 하여금 기초과학의 고급 핵심 주제와 최첨단의 융합 기술 분야를 수강하고 연구할 수 있는 기회를 갖게 하고자 한다. 이에 따라 기초과학 및 융합기술트랙의 학습은 다음 그림으로 요약된다.

[그림 IV-6] 기초과학 및 융합기술 트랙의 학습내용



기초과학 및 융합연구 트랙은 수학의 기초지식에 근간하여 트랙 내의 연구의 심화와 트랙 내의 연구자들 간에 융합연구촉진을 목표로 한다.

- Geometric Topology and Cryptography Lab.은 매듭과 다양체의 기하적 위상수학 및 관련된 대수적 위상수학, 대수학, 계산 알고리즘 및 암호론에의 응용에 초점을 둠
- Computational Nanotechnology Lab.은 나노급 반도체 전자 소자 (Nano-MOSFET 등) 모델링 및 시뮬레이션, 나노급 분자 전자 소자 (탄소 나노 튜브 등) 모델링 및 시뮬레이션, 양자 소자의 전기적 특성 연구에 심화하고 있음
- Computational Systems Biology Lab.은 생물정보학 및 시스템스 바이올로지, 최적의 정보, 전산 기술을 이용한 생물학 문제의 시스템적 해결, 인간-기계 융합기술을 위한 생리데이터 모델링에 초점을 두고 있음
- Human Computer Interaction Lab.은 스마트 환경을 위한 스마트 상호작용, 초소형 기기를 위한 상호작용, 행동 및 감정 상태의 감지 기술 및 지능형 사용자 인터페이스에 연구를 심화하고 있음
- Financial Econometrics Lab.은 비선형 및 비정상 상태 금융 시계열 자료의 연구, 비선형, 비정상 상태인 금융 시계열 자료의 모형화와 시계열 계량모형을 통한 예측, 기술 혁신이 경제 성장에 미치는 동태적 영향 측정 등을 중심으로 계량경제학적인 관점에서 연구를 수행하고 있음

나. 프로그램운영 현황

ICU 융합프로그램은 전산-전자융합인력양성을 위한 학사커리큘럼을 실행하고 있다. 이러한 제도의 도입은 ICU 내의 전자-전산분야의 兩분야의 연구 수요에 부응하고 융합연구분야까지도 능력을 확대할 수 있는 인력양성체계를 구축하고자 하는 것이다.

- 기초필수과목: 수학, 과학, 공학 등의 기초과목
- 공통전공 필수과목: 전자 전산의 전공필수과목

- ICU 내의 다양한 전공분야의 전공과목은 전공선택과목으로 변경

그러나 이러한 프로그램의 운영상의 문제점으로서는 다음과 같은 것들이 존재하고 있다.

- 미시적 수준에서 통합 커리큘럼은 존재하나 기초과학과 융합기술이 연계된 커리큘럼은 서로 다른 트랙 간의 협의부족으로 미완성
- 다수의 젊은 교수진으로 구성이 되어 있어 융합연구에 있어서 제도적인 리더십 (Institutional leadership)을 확보하기에는 한계가 존재함과 동시에 융합연구를 전공한 교수진(융합전공 engineer) 확보에도 어려움
- 융합연구에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있으나, 새로운 연구수요에 대한 기획은 미진
- 인력 측면에서 석·박사 대학원생의 지원은 증가하고 있으나, 학생의 선호는 융합에 대한 프로그램보다는 융합연구 트랙에 있는 연구자를 중심으로 지원

3. ICU 융합연구 교육 프로그램 유형 검토

ICU 내부에서는 융합연구 교육 프로그램 모델 개발을 위해 3가지 프로그램을 검토 중이다: 다양한 학과 내 독립적 연구실을 중심으로 한 교육 및 연구; 기존 학과들이 공동 구성한 협동과정; 단일학과를 통한 학부와 대학원 교육 형태.

가. 다양한 학과 내 독립적 연구실 중심 model

1) 개요

융합학문을 전공한 교수들이 기존 학과에 편입되어 각 학과의 학부 및 대학원 교육을 이수하는 학생들에게 연구실 단위로 교육하는 형태이며 다수의 연구실이 서로 다른 학과에 분포되어 있다.

2) 특징

이 모델의 특징으로서는 첫째, 대학원에서의 교육 및 연구 만을 의미하며 기존의 대학원 체제와 다르지 않다는 점과, 둘째 연구실의 학생들은 해당학과의 전공자로서 융합학문의 특수주제에 국한된 교육을 연구실 차원에서 받고 심화연구하게 된다는 것, 셋째 타 전공을 접하는 기회는 연구실의 공동연구를 통해 특수한 분야에 한해서 가능하다는 점이다.

3) 문제점

문제점으로는 첫째, 특수한 주제에 대해서는 효율적으로 교육할 수 있으나, 융합연구에 필요한 다양한 기초지식의 체계적인 교육과정이 부재하여 창조적인 신규 주제 창출을 위한 인력양성 모델이라고 볼 수 없다는 점, 둘째, 창조적 융합연구를 위한 연구그룹 구성 및 지속적인 육성에 문제가 있으며, 마지막으로 연구과제도 개별적인 연구실 기반으로 진행하거나, 기 기획된 연구과제에 편입된 형태로 진행되어 융합연구를 이끌어가는 창조적인 연구 기획이 어렵게 존재한다는 등이다.

나. 기존 학과들이 공동 구성한 협동과정

1) 개요

체계적인 융합연구 교육을 위한 도입모델로서 기존학과의 틀과 인적자원을 그대로 유지하면서, 융합학문에 요구되는 대학원 수준의 커리큘럼만을 도입하는 형태이다.

2) 사례

국내에서는 서울대(<http://ipbi.snu.ac.kr/>), 부산대(<http://home.pusan.ac.kr/>)

~bioinformatics), 고려대(<http://bit.korea.ac.kr/>) 등이 운영하고 있다.

해외에서는 매우 많은 협동과정이 존재하며, 미국 내에서만 100개 이상의 생물정보학 협동과정이나 유사 프로그램이 존재 (http://www.bioplanet.com/bioinformatics_courses.htm, http://ils.unc.edu/informatics_programs/doc/Bioinformatics_2006.html)하며 성공적인 모델은 UCSD (<http://bioinformatics.ucsd.edu/>)에서 찾아 볼 수 있다.

3) 특징

본 협동과정의 특징으로서는 첫째, 학부 교육을 포함하지 않는 대학원의 학제 간 교육 프로그램, 둘째, 협동과정 자체는 연구를 포함하지 않고, 연구는 연구실이나 연구센터를 중심으로 진행하며, 셋째, 다양한 학과, 전공의 연구실의 교수와 학생들을 유연하게 포함시킬 수 있는 형태이다.

4) 문제점

그러나 문제점으로는 첫째, 다양한 학부 전공을 가진 대학원생들 각각의 수준에 적절한 공통의 커리큘럼이나 교과목 설계에 한계가 있다. 따라서 개요수준의 과목들이나, 타 전공기반의 학생들은 학습하기 어려운 과목들로 커리큘럼이 구성될 가능성이 높다. 둘째, 협동과정의 구성형태가 부실한 경우는 단순히 Special interest group 수준에 그치게 될 가능성이 높다.

기존 학과들이 공동 구성한 협동과정 세부사례
- UCSD Bioinformatics Program

1. 참여 학과: Bioengineering, Biology, Cellular and Molecular Medicine, Chemistry and Biochemistry, Computer Science, Mathematics and Statistics, Pharmacology, Physics
2. 제도적 지원: 각 학과는 커리큘럼 구성, 강의제공, 학생지원을 포함한 다양한 학제 간 대학원 프로그램을 제공. 대표적으로 La Jolla Interfaces in Science program (LJIS)과 Burroughs Wellcome Fund를 통해 프로그램 내 학생지원이 보장된다. 또한 UCSD 내 다음 관련 연구소들은 교육과 공동연구를 위한 긴밀한 협력을 지원함(The San Diego Supercomputer Center, the Whitaker Institute for Biomedical Engineering, the National Biomedical Computational Resource, the Center for Theoretical Biological Physics, The California Institute for Institute for Telecommunications and Information Technology, and the Salk Institute for Biological Studies)
3. 협동과정의 발전: LJIS과 Burroughs Wellcome Fund 외에도 NIH training program을 획득하여 생물정보학 대학원 과정을 설립하게 되었으며 대학원 과정은 기존 협동과정의 7개의 참여학과 및 37명의 참여교수로부터 8개 학과 및 54명의 참여교수로 확대 되었음. 또한 신형 융합분야의 발전으로 UCSD는 Bioinformatics와 Systems Biology 분야를 Key growth 분야로 선정하였으며, 해당학과 (참여학과)의 교수채용에서도 이 분야 교수들을 채용
4. 특징:
 - 협동과정 추진을 선도하는 핵심 학과가 존재하였음. bioengineering 학과는 협동과정이 표방하는 bioinformatics 분야를 핵심으로 수행하는 학과임.
 - 융합학문 학과인 bioengineering 학과를 중심으로 관련 7개 학과의 융합학문 전공자를 참여시킨 대규모 협동과정을 구성하였음.
 - 협동과정의 규모와 구성원의 자질은 다양한 fund program의 지원을 가능케 함.
 - 다양한 fund를 통한 협동과정의 학생지원 및 연구지원으로 참여교수 및 학생들의 긴밀한 협력이 가능해지고, 협동과정의 정체성이 뚜렷해지게 되어 협동과정에서 학위과정으로 발전시키는 주 동력원이 되었을 것으로 판단됨.
 - Bioinformatics 분야를 중심으로 시작하였으나, systems biology 분야가 대두되자, 신규분야를 신속하게 프로그램 내에 접목하는데 성공하였음.

다. 단일학과를 통한 학부와 대학원 교육 형태

1) 개요

단일학과 내 융합연구에 관련된 커리큘럼을 갖추고 교육하는 융합연구의 완성된 모델이다.

2) 사례

국내에도 다수의 관련학과들이 설립되었으나, 학생 및 교수 수, 커리큘럼 형태를 갖춘 모범모델로서는 KAIST 바이오 및 뇌공학과에서 찾을 수 있다.¹⁵⁾

해외 유사 교육 프로그램의 예로서는 UC Berkeley(1998), Stanford (2002), MIT (2006), UCSD, U. Washington의 bioengineering 학과 등이 있으며 학부과정과 대학원 과정을 포함한 생물정보학 학위과정이 있는 대학은 미국 내에도 13개 이상이며, 특히 UCSC는 대표적인 모델로 소개되고 있다.

3) 특징

본 과정의 특징으로서는 첫째, 융합학문에 필요한 기초와 전공교육을 체계적으로 포함한 커리큘럼을 구성할 수 있으며, 둘째, 융합학문의 개별 이론 및 요소 기술을 이해하고 종합적인 사고와 창조적인 융합연구를 수행할 수 있는 인력 창출을 위한 최적 모델이라 할 수 있으며, 셋째, 대학원 교육과 연구에 있어서 학과 내 공동연구 그룹, 공동 연구과제 창출이 용이하다고 할 수 있다.

15) http://biosys.kaist.ac.kr/content.php?db=menu1_1

4) 문제점

문제점으로는 빠르게 발전하고 다양한 방향으로 변화하는 융합학문의 양상을 수용할 수 있는 학과를 유지하기 어렵다는 점과, 둘째, 다양한 전공의 교육과 연구를 위한 대규모 초기 지원이 필요하며, 마지막으로 사회적 수요가 미비한 학문형성 초기에는 졸업자의 사회 진출이 어렵다는 점을 지적할 수 있다.

단일학과를 통한 학부와 대학원 교육 형태 세부 사례 1
KAIST 바이오 및 뇌공학과

1. 대규모 초기 지원

2002년 정문술 회장이 20년 후 국가경제를 선도할 융합분야의 인재 양성을 위해 특수 학과를 설립하여 집중 육성할 것을 요청하며 300억 원 이상을 KAIST에 투자함. 이를 기반으로 2002년 바이오시스템 학과를 설립하고 바이오정보, 바이오전자, 바이오나노 분야 교육 및 연구를 위한 시설, 교수확보, 기본 연구비 지원이 가능하였음.

2. 체계적인 커리큘럼 구성

- 학부 교양 및 기초과목: (총 60학점 중) 물리(실험), 화학(실험), 생물, 미적분학, 선형대수학, 미분방정식, 확률및통계, 프로그래밍 포함.
- 학부 전공: (총 42학점 중) 바이오정보전자개론, 바이오데이터구조, 바이오나노공학, 시스템생명공학, 바이오컴퓨터공학, 바이오계측실험 필수.

3. 특징

- 융합분야의 변화와 발전 양상을 고려한 분야 선택: 단일 융합분야가 아닌 세 가지 대표적 BT 융합분야 (BT-IT, BT-전자, BT-NT)를 포함한 학과로 출발하였으며 초기 학과의 규모를 확대하기에 유리하도록 하고, 주어진 교육 연구 자원으로 최대한의 융합분야를 포함할 수 있도록 하였음.
- 대학 내·외 환경변화에 맞춘 신속한 변화: 인적, 물적 자원이 부족한 국내 현실에서 경쟁력을 확보하기 위하여, 세 가지 BT 융합분야 구성은 유지하되, 공통 주제를 뇌공학 및 인지과학이라는 특정분야에 특화함. 그러나 뇌공학을 공통주제로 선택한 것은 사회적 요구를 반영했다기 보다는 학과의 현실적인 상황을 고려한 것으로 보임.
- 한국 내 산업적 수요가 미비한 현실에서 졸업생의 진출은 아직도 난제로 남아있음. 국외로 진출할 수 있는 높은 수준의 인력 양성을 실현해야 하고, 반대로 기존의 전통적인 학문분야로도 진출할 수 있는 탄탄한 기반지식이 있는 인력을 양성해야 함.

단일학과를 통한 학부와 대학원 교육 형태 세부 사례 2
UCSC bioinformatics 학과

1. 설립 배경

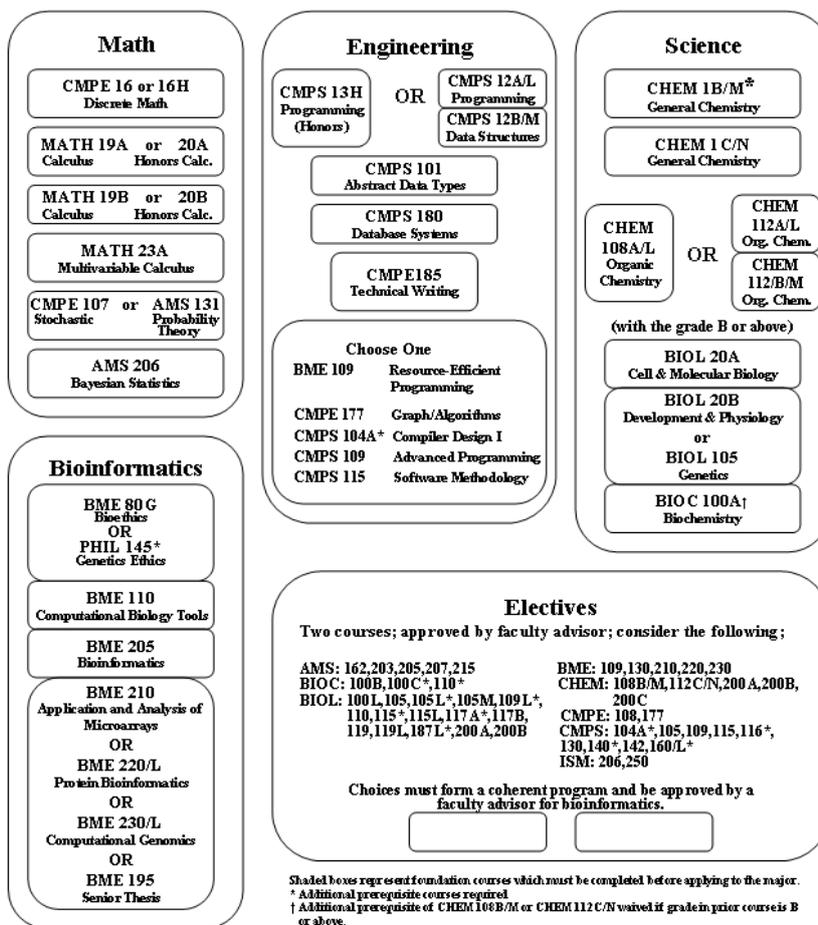
공학부, 물리/생물학부, 사회과학부를 포함하는 14개 학과(*)의 교수 및 학생들로 구성된 center of biomolecular science & engineering (CBSE) (<http://www.cbse.ucsc.edu/>)를 중심으로 사회적 수요가 증대된 bioinformatics 분야 인력의 집중 육성을 위해 생물정보학 학사·석사·박사 학위과정이 체계적으로 구성됨

(*) Anthropology | Applied Mathematics & Statistics | Biomolecular Engineering | Chemistry & Biochemistry | Community Studies | Computer Engineering | Computer Science | Ecology & Evolutionary Biology | Electrical Engineering | Environmental Toxicology | Molecular, Cell & Developmental Biology | Philosophy | Physics | Sociology

2. 체계적인 커리큘럼 구성

- 응용수학, 생물학, 전산공학을 생물정보학의 기반이 되는 전통적인 학문분야로 인식하고, 이들 기반 학문에서 필요한 과목들로 core math, core science, core engineering을 구성하였으며 학부과정은 이러한 core과목과 필수적인 생물정보학 개론 과목들을 이수
- 대학원 과정에서는 위의 core과목들을 기반으로 이수할 수 있는 각 분야의 심화된 대학원 과목을 교육하여 전문성을 갖추게 함
- 이러한 커리큘럼은 학부 및 대학원을 졸업한 학생들이 bioinformatics 분야 외에도 각 요소 학문분야에서도 진출할 수 있는 자질을 갖추게 함. 특히 대학원에서는 생물정보학 및 각 요소 학문분야에 대한 깊이 있는 지식 습득과 practice가 가능하게 하여, 협동과정의 학생들에 비교하여 보다 빠르게 융합학문의 본질에 접근하고 문제를 해결할 수 있는 능력을 키울 수 있게 설계함

[그림 IV-7] UCSC의 생물정보학 학사교육과정



4. ICU의 융합연구 교육 프로그램 발전 모델

기초과학 및 융합기술 트랙에 대한 ICU 내부 평가는 다음과 같다.

- 심도 있는 융합연구와 새로운 분야의 개척이 가능한 인력양성을 위해서는 요소학문의 기초과목을 학사과정에서부터 체계적으로 교육하는 교육

과정이 필요.

- 빠르고 다양하게 변화하는 융합학문에 적응하기 위해서는 다양한 학문 분야와의 협동과정 모델을 수용 필요.
- 융합분야는 현재 뿐아니라 차세대를 선도하는 분야이어야 하므로, 이러한 연구와 연구 수행자를 배양하고, 산업화를 실험적으로 시도할 연구 센터가 요구됨.
- 위의 각 부분에서 학생, 연구자, 교육자를 유인하고 지원할 정부와 대학 및 산업체의 계획적인 지원이 요구됨.
- 특히 이러한 교육과 연구의 토대가 충분히 형성되지 않은 우리나라의 경우 정부 주도의 집중적이고 계획적인 양성이 필요함.
- 학문 지식 간의 특성과 연구자 간의 문화를 이해하는 것이 바람직 할 수 있음. 학지식과 기술지식이 결합이 되어 기술혁신을 창출할 때 각 분야마다 문제해결방식에서 상당한 차이를 보일 수 있음.

이러한 내부평가에 기반하여 융합 연구 창출 및 발전 지원을 위한 주요 고려 사항을 다음과 같이 찾고 있다.

- 융합학문 분야의 단계적 선정
 - 선진국의 주요 융합학문 분야 검토
 - 국내의 사회경제적 발전을 선도할 수 있고 다양한 융합학문분야를 태동시킬 수 있는 분야 선정
 - 다양한 융합분야로 확대
- 대학 및 정부의 융합분야 협동과정 초기 육성 대책
 - 융합학문 협동과정(대학원) 학생, postdoc, 연구교수 등에 대한 지원 프로그램 (예: NIH training program).
 - 융합분야 우수 연구 인력을 수용하여 지속적으로 연구수행을 할 수 있는 연구센터 지원 프로그램.
 - 대학의 집중육성 분야 선정 및 지원: 교수 채용, 학생 장학금.
- 협동과정을 학위과정으로 발전 유도할 실질적인 지원 대책

- 성숙된 융합학문 협동과정에 대한 석사 및 박사 학위과정 구축을 지원하는 프로그램.
 - 체계적인 커리큘럼을 구성하고 교수진을 확보한 협동과정에 학사과정 구축을 지원하는 프로그램.
 - 융합연구 학위과정 및 연구센터와 국가 및 산업체 연구소와의 협력 체제 및 기술이전을 지원하는 프로그램.
- 대학 및 정부에 분야 선정부터 협동과정 및 학위과정으로의 진화를 철저히 관리 발전시킬 전담부서가 요구됨.

이상의 평가 및 방향성에 따라서 ICU내부에서 기초과학 및 융합기술 트랙의 발전모델로서 학사과정 교육 모델, 석·박사 학위과정 교육 모델, 연구센터 모델 세가지 유형이 동시에 진행되는 것을 검토하고 있다.

[그림 IV-8] 융합인력 양성을 위한 발전 모델



유형 1. 학사과정 교육 모델

- (1) 목표: 융합분야의 심도 있는 학습, 연구가 가능하고, 융합분야를 구성하는 각 분야에도 진출할 수 있는 인재 양성.
- (2) 커리큘럼 구성
 - 가. 기초 필수 과목:
 - 수학, (자연, 인문, 사회)과학, 공학 분야의 핵심 기초과목 선정
 - 나. 전공 필수 과목
 - 융합분야를 구성하는 각 분야의 전공 필수과목
 - 선별된 각 분야의 전공 심화과목
 - 융합분야 입문과목
 - 다. 전공 선택 과목: 다양한 융합과목
- (3) 운영: 기초 또는 전공부터 독립된 과정으로 운영.

유형 2. 석·박사 학위과정 교육 모델

- (1) 목표: 현재 융합분야의 문제해결 능력과 창의적인 주제 생산이 가능한 전문가 양성.
- (2) 커리큘럼 구성
 - 가. 필수과목: 융합분야 및 선별된 각 분야의 전공심화 과목, 소규모 융합연구 프로젝트
 - 나. 선택과목: 융합분야의 심화된 전공과목
 - 다. 연구과목: 개별 연구
- (3) 운영:
 - 가. 다양한 관련학과의 전공자들이 참여할 수 있는 협동과정
 - 교수채용, 학점 인정, 교수 시수 인정, 장학금 등 대학차원의 지원
 - 나. 독립된 학위과정으로 발전 운영
 - 협동과정의 핵심교수 또는 학과를 중심으로 학위과정 개발
 - 국가적 교육프로그램 지원 과제 확보: 장학제도 및 교수 인센티브 지원

유형 3. 연구센터 모델

- (1) 목표: 융합연구 프로그램을 바탕으로 다양하고 창의적인 융합연구의 선도적 추진.
- (2) 구성
 - 가. 융합연구 프로그램 내 교수진 및 졸업자를 중심으로 구성
 - 나. 단일 융합 교육프로그램 또는 다수의 융합 교육프로그램과 연계하여 구성
- (3) 역할
 - 가. 융합연구 프로그램에 연구자원 지원 및 졸업자의 진로 형성
 - 나. 융합연구를 선도하며, 새로운 융합분야 개척을 위한 테스트베드 역할
- (4) 운영
 - 가. 대학의 융합연구 프로그램과 학연 협력
 - 나. 정부의 융합연구 프로그램 지원 과제 획득
 - 다. 선도적 연구결과의 기술이전을 통한 산연 협력
 - 라. 정부/산업체/연구원/대학의 협력 운영체제로 발전

5. ICU 융합연구 교육 프로그램 계획으로부터의 시사

ICU의 ‘기초과학 및 융합기술트랙에서의 융합기술인력양성 방안’이 융합 기술인력 양성 방안 마련에 있어서 다른 대학들에 대해 중요한 사례가 될 수 있다고 여겨진다.¹⁶⁾ 이러한 판단의 근거는, ICU의 융합기술인력 양성 방안이 내부적 질실함¹⁷⁾과 외부 기술 환경 변화에 대한 적극적 대응이기에 성공가능성이 높기 때문이다.

16) 아직 실행된 것도 아니고, 실행되었다 하더라도 애초 기대한 성과가 실제 나타나는 것은 상당한 기간이 필요하다. 따라서 현시점에서 ICU의 ‘기초과학 및 융합기술트랙에서의 융합기술인력양성 방안’이 성공적이다, 모범적이다 평가할 수 있는 구체적인 근거를 제시할 수는 없다.

17) ICU가 IT에 특성화되어 있는 동안 외부 기술변화에 고립되어(lock-in) 융합기술흐름에서 낙후될 가능성이 있다는 우려를, ICU 관계자로부터 인터뷰를 통해 들을 수 있었다.

타 대학 및 타 분야의 융합기술인력양성 방안의 마련에서도 내부적 필요와 역량 진단에 기반하며, 기술변화추세를 포함한 외부 환경요인에 대한 능동적 대응 속에 이루어져야 할 것이다. 즉, 융합기술인력양성이 사회 정책적으로 요청되는 사항이라 하더라도 그 구체적 방안 마련은 정부가 아닌 인력양성의 주체자 혹은 주체기관에 의해 이루어져야 한다는 것이다.

다만, UCSD Bioinformatics Program에서 보여지듯이, 융합기술의 주도세력이 필요한 가운데, 융합기술이 활성화되기 위해서는 융합연구프로젝트가 활성화 되어야 한다. 따라서 국가 전략적으로 정부가 융합기술의 발전 혹은 융합기술인력양성에 개입을 원한다면, 직접적인 형태의 개입보다는, 융합연구에 대한 전략적 지원을 통해 국가 전략적으로 우선순위를 가지는 융합연구에 대한 주도대학을 견인해내고 융합연구의 촉진 및 융합연구인력양성을 배양할 수 있을 것이다.

제 6 장
IT융합인력 양성방안 수립을 위한 기초분석
- 직무이행경로와 학습경로

제1절 분석 배경

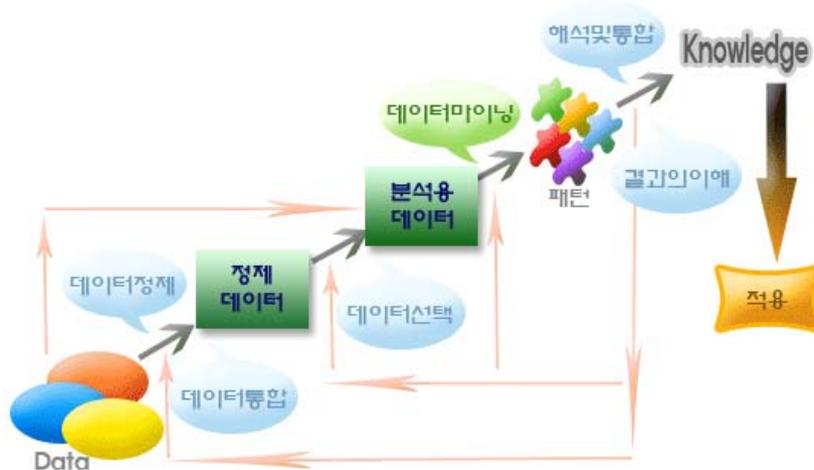
융합기술인력 양성 및 활용방안을 마련하기 위해서는, 미래 기술전망에 기초한 필요능력에 대한 분석과 함께 기존 기술변화에 대응한 직무이행경로와 학습경로를 분석할 필요가 있다. 특히 기존 기술변화에 대응한 직무이행경로와 학습경로의 분석을 통해서, 정규학교교육과 재교육의 문제, 대학수준의 교과과정에서 충족되어야 할 부분과 대학원 이상과정에서 충족되어야 할 부분 등의 식별을 발전시킬 필요가 있다. 이러한 제반 필요가 세부 기술별로 어떻게 차별화되고 식별될 수 있는지를 분석함으로써, 관련한 정책의 개발에서 보다 실천적인 정책을 유인할 수 있을 것이기 때문이다. 여기에서는 IT 기술부문을 중심으로 직무이행경로와 학습경로를 분석하였다.¹⁸⁾

18) 여기에서의 분석은 조사자료의 한계로 인하여 시범적인 분석수준이다. 조사 자료의 한계에 대해서는 후술한다. 현재의 분석 만으로는 IT융합인력 양성방안 수립을 위한 의미 있는 결론에는 이르지 못하였으며, 이후 융합기술의 확산에 대응한 직무이행경로와 학습경로의 본격적인 분석을 위한 기초분석으로 간주되어야 한다.

제2절 분석 방법

IT 연관 현장인력에 대한 직무이행과 학습에 대한 설문조사를 수행하고 (설문조사지 별첨), 데이터마이닝 분석 기법의 일종인 순차규칙 연관성 분석을 주로 수행하였다. 이외에도 데이터마이닝 기법 중 의사결정 나무분석과 군집분석 마이닝을 수행하였다.¹⁹⁾

[그림 VI-1] 데이터 마이닝(Data Mining) 개념도



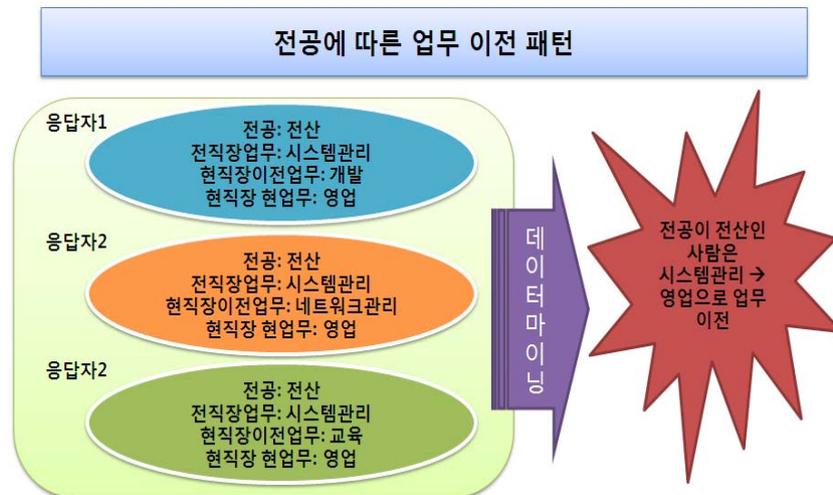
데이터 마이닝(Data Mining)이란 데이터 내에 감추어진 특징 패턴, 규칙성 등의 정보를 찾아내는 것으로서, 통계학, 패턴인식, 인공지능, 데이터 베이스 등의 기법을 이용하는 것이다. 데이터 마이닝은 애초에는 인터넷 트랙픽이나 주식시장 등 실시간으로 창출되는 엄청난 정보를 분석하는 것으로 시작되었으나, 근래에는 경영학이나 심리학 등에서 선형적인(a priori) 분포

19) SPSS사에서 개발한 데이터 마이닝 툴(Data Mining Tool)인 클레멘타인(Clementine) 10.1을 사용하여 분석하였다.

정보를 가정하지 않은채 데이터 자체의 특성을 분석하고 이로부터 정보를 획득하는 유력한 방법으로 그 사용이 확대되고 있다.

예를 들어, 본 설문조사에서 응답자들의 설문에 대한 응답을 분석하는데 있어서, “업무에 종사하다가 다시 학교로 돌아가 재교육을 받는(work to school) 시점이 업무 성격 혹은 종사 기술과 어떠한 연관성을 가지는가”, “새로운 기술을 익히는 방식이 관련 기술과는 어떠한 연관성을 가지는가” 등에 대한 패턴을 찾고, 이를 이용하여 기술유형별 학급패턴에 대한 시사를 구할 수 있는 것이다. 아래의 예시에서처럼 전공에 따라 업무 이전에 예상하지 못한 패턴이 나타나는 경우에는 이로부터 새로운 전공 교육이나 업무 이전 시 재교육 방안 등을 마련할 수도 있을 것이다.

[그림 VI-2] 데이터 마이닝을 통해 얻어진 정보(지식)의 예



대표적인 데이터 마이닝의 기법으로는 데이터 항목 간의 상관관계를 분석하는 연관분석과 특정 그룹 내 데이터의 특징을 분석하여 새로운 데이터가 속할 그룹을 예측하는 분류분석(의사결정 나무분석) 등이 있다.

1) 연관분석(association analysis)

연관 분석은 주로 마케팅에서 데이터 항목들의 발생 정보를 이용하여 항목 간의 연관성 정보를 분석하는 기법이다. 예를 들어, 할인점에서 고객들이 구매하는 물품들의 연관 패턴 분석을 할 경우, 마케팅 및 시간에 따른 데이터 분석에 가장 많이 사용되는 각 고객별로 구입한 항목의 리스트에서 “DVD를 구매 하는 고객은 맥주를 함께 구매한다.”는 정보를 추출해 낸다.

순차 분석은 연관 분석의 한 종류로서, 데이터 항목의 발생이 순차적으로 이루어진 경우에 대한 분석이다. 예를 들어 업무의 순차적 이전 패턴을 분석하고자 하는 경우 응답자 1의 전 직장 업무는 시스템 개발, 현 직장의 이전 업무는 시스템 관리, 현재 업무는 응용 개발이고, 응답자 2의 전 직장 업무는 시스템 개발이고 현 직장에서의 이전 업무가 응용 개발, 현 직장의 현재 업무가 응용 개발이라고 한다면 순차적 기록의 데이터 분석을 통하여 “전 직장의 업무가 시스템 개발인 응답자는 현재 응용 개발 업무를 수행하고 있다”와 같은 정보를 추출하게 된다.

연관분석과 순차분석의 결과를 평가하기 위해서, 신뢰도(support) 평가와 지지도(confidence) 평가, 향상도(lift) 평가 등을 사용한다. 먼저 신뢰도 평가는 “전 직장의 업무가 시스템 개발인 응답자는 현재 응용 개발 업무를 수행하고 있다”와 같은 분석을 통해 추출한 정보(지식)에 대해서, 우선 “전체 응답자 중에서 전 직장의 업무가 시스템 개발인 응답자 중 현재 응용 개발 업무를 수행하는 응답자의 비율이 높은가”에 대해 평가하며, 만일 이에 해당하는 인원이 적으면 이러한 정보는 유용한 정보라고 할 수 없게 된다.

지지도 평가는 “전체 응답자 중에서 전 직장의 업무가 시스템 개발인 응답자의 비율은 얼마나 되는가”에 대해서 평가하는 것으로 전체 응답자 중 전 직장의 업무가 시스템 개발인 응답자가 적으면, 해당 지식에 해당하는 응답자도 적다라고 할 수 있다.

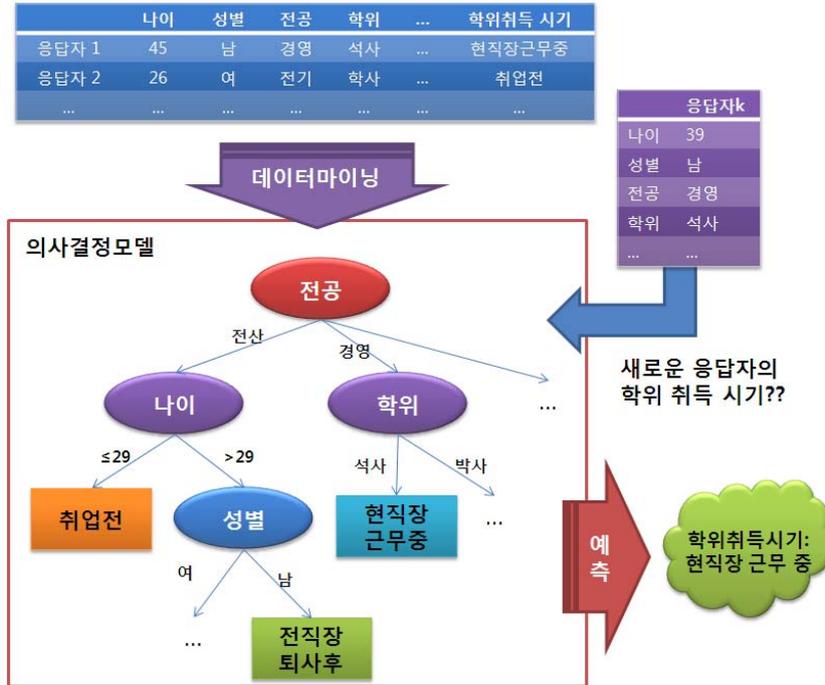
2) 의사 결정 나무(Decision Tree) 분석

의사결정 나무 분석은 특정 그룹별로 분류된 데이터의 특성을 분석하고, 그룹별 특징을 데이터 속성의 조합으로 나타내는 분류기법으로, 그룹별 데이터 특징의 모형을 나무 형태로 구성한다. 새로운 데이터의 속성을 생성된 분류모형에 적용하여 데이터가 속할 그룹을 예측한다.

이 방법은 분류나 예측의 근거를 ‘속성 조건’에서 ‘분류 결과’를 단순한 규칙 형태로 알려주기 때문에 이해하기가 쉬우며, 데이터의 그룹 분류에 영향을 미치지 않는 속성들을 자동으로 제외시킨다. 또한 어떠한 속성들이 데이터의 그룹 분류에 결정적인 영향을 주는가를 쉽게 파악할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 수치형 속성 값을 처리하거나 예측하는 능력이 다른 분류 기법에 비해 떨어지며, 예측 성능이 모형을 구축하는 데 사용되는 기존 데이터의 크기에 지나치게 민감하다는 단점을 가지고 있다.

아래 그림은 의사결정 나무 모델 생성 방법의 예이다. 예에서는 설문지 응답데이터들을 이용하여 학위취득시기에 대한 모델을 생성한다. 생성된 모델은 각각의 말단노드 학위취득시기에 대한 규칙(rule)을 나무 형태로 표시하는데 최말단노드(leaf node)까지의 경로가 하나의 규칙이 된다. 즉, 아래에서 ‘취업전’에 대한 규칙은 “전공이 전산이며, 나이가 29세 이하”가 된다. 의사결정 나무 모델은 현재 수집된 데이터의 특징을 분석하는 것 뿐 아니라 향후 수집될 데이터의 학위 취득 시기를 예측하는 데도 사용된다. 예를 들어 만약 새로운 나이가 39세이고 성별인 남이고 전공이 경영이고 학위가 석사인 사람의 학위 취득 시기를 예측 하면 의사결정모델의 “전공이 경영이고 학위가 석사인 사람은 학위취득시기가 현직장근무 중”이라는 규칙에 의해 현직장 근무 중으로 예측된다.

[그림 VI-3] 의사결정 나무의 예



제3절 조사 개요 및 기초 통계

조사는 한국산업기술재단 등의 도움을 통해, 총 20개 업체에서 개인설문 조사의 형태로 수행되었다. 설문조사 내 구성을 살펴보면, 성별로는 남자가 72.05%로 대부분을 차지하고 있으며, 여자가 13.66%로 나타났다. 이는 IT분야에 대한 전체적인 성비 차이에서 발생하는 것과 비교해도 무방할 것으로 예상된다. 이에 대해서는 이후 다시 살펴보기로 한다.

학력별로는 전체의 47.83%가 학사로 나타났으며, 전문대 졸업자가 21.74%,

석사 학위자가 15.53%로 나타났다. 직위의 경우는 일반직의 경우 전체 59.01%로 가장 높게 나타났으며, 준관리직이 21.74%로 나타났다. 이는 전체 응답자의 연령 분포가 젊은 것으로 나타난 것과 관계가 있는 것으로 보인다.

<표 VI-1> 설문조사 모집단

구분		응답자 수	(%)
성별	남	116	(72.05)
	여	22	(13.66)
	무응답	23	(14.29)
	총합계	161	(100.0)
학력	고졸	1	(0.62)
	전문	35	(21.74)
	학사	77	(47.83)
	석사	25	(15.53)
	박사	11	(6.83)
	무응답	12	(7.45)
	총합계	161	(100.0)
직위 ²⁰⁾	일반직	95	(59.01)
	관리직	7	(4.35)
	준관리직	35	(21.74)
	연구직	17	(10.56)
	무응답	7	(4.35)
	총합계	161	(100.0)

업체별 분류를 살펴보면, 협의의 IT분야 업체가 105명(65.22%), 연관 및

20) “대리” 이하를 “일반직”으로, “중소기업 차장” 이하를 “준관리직”, “대기업 차장” 이상, “중소기업 부장” 이상의 직위를 “관리직”으로 분류하고, “연구원”을 “연구원”으로 분류하였다.

구분	사항
일반직	사원, 주임, 계장, 대리
준관리자	과장, 매니저, 중소기업 차장
관리자	대기업 차장 이상, 중소기업 부장 이상
연구원	연구원

비 IT업체가 56명(34.78%)에 해당하며, 협의의 IT분야 업체 중 SW가 29.8%, SI분야가 14.9%로 대부분을 차지하고 있다. 연관 및 비 IT 업체의 경우 교육분야가 18.01%, 방송분야가 8.07%로 나타났다.

<표 VI-2> 업체별 분류

업체 대분류	업체 세분류	응답자 수 (%)
연관 및 비 IT	교육	29 (18.01%)
	방송	13 (8.07%)
	비IT연구	6 (3.73%)
	비IT제조	8 (4.97%)
	합계	56 (34.78)
협의의 IT	전자	17 (10.56%)
	통신서비스	16 (9.94%)
	SI	24 (14.91%)
	SW	48 (29.81%)
	합계	105 (65.22)
총합계		161 (100.0%)

업무별로는 개발 분야가 전체의 52.17%로 전체 응답자의 절반 이상이 현재 이 분야의 업무를 담당하고 있으며, 특히 개발 분야 중 시스템 관리가 27.95%로 전체 업무 세분류 중 가장 높게 나타났으며, 개발연구가 13.04%로 나타났다. 디자인/기타 분야의 경우 28.57%이며, 이 중 관리/재무회계 관련 업무는 10.56%로 나타났다. 시스템/네트워크는 15.53%로 나타났으며, 이중 시스템(Unix, Linux, MS 등) 업무 분야가 7.45%로 나타났다.

<표 VI-3> 업무별 분류

업무 대분류	업무 세분류	응답자 수 (%)
시스템/네트워크	네트워크 디자인 및 관리	5(3.11%)
	시스템/네트워크 연구	6(3.73%)
	시스템(Unix, Linux, MS 등)	12(7.45%)
	교육	2(1.24%)
	합계	25(15.53%)
개발	개발연구	21(13.04%)
	시스템 관리	45(27.95%)
	웹개발	7(4.35%)
	웹콘텐츠	11(6.83%)
	합계	84(52.17%)
디자인/기타	관리/재무회계	17(10.56%)
	기타	15(9.32%)
	기타 디자인	2(1.24%)
	영업	8(4.97%)
	콘텐츠 디자인	4(2.48%)
	합계	46(28.57%)
무응답		6(3.73%)
총합계		161(100%)

설문조사 응답자를 전공별로 분류해보면 우선 (H/W 중심) IT 전공자가 전체의 63.35%로 대다수를 차지하고 있으며, 비IT 전공자는 27.33%로 나타났다.²¹⁾ 전공 세분류별로 살펴보면, IT 전공자 중 전산이 32.30%로 가장 높게 나타났으며, 전기전자 전공자가 16.15%, 기계재료화공 전공자가 14.91%로 나타났다. 비IT 전공자간의 경우 경영이 11.80%로 가장 높게 나타났다.

21) 수학, 물리학과, 경영학과를 비IT로 분류하는 것은 문제가 제기될 수 있다. 전체적으로 표본의 수가 작은 가운데, IT분야와 비IT 각각에 대해 유의한 표본 수를 확보하기 위하여 부득이 현재의 분류를 사용하였다.

<표 VI-4> 전공별 분류

전공 대분류	전공 세분류	응답자 수 (%)
비IT전공	경영	19(11.8%)
	수학물리등	13(8.07%)
	인문등	12(7.45%)
	합계	44(27.33%)
(H/W 중심) IT전공	기계재료화학공	24(14.91%)
	전기전자	26(16.15%)
	전산	52(32.30%)
	합계	102(63.35%)
	무응답	15(9.32%)
	총합계	161(100%)

성별 업체 분류를 살펴보면, 남성이 (협의의) IT분야에서 전체의 43.02%를 차지하고 있으며, (연관 및) 비IT분야에서는 27.95%를 나타내고 있다. 여성의 경우 협의의 IT분야 8.69%, 연관 및 비 IT분야 4.97%로 나타나고 있다. 이를 각 성별 IT/비IT 업체 항목별로 나눠서 살펴보면, 남성 116명 중 비IT 업체가 38.79%, IT 업체가 61.21%로 나타나며, 여성 전체 22명 중 비IT가 36.36%, IT 업종이 63.64%로 항목별로 업종에 대한 성별 비율은 비슷한 것으로 나타났다.

업체 세분류별로 살펴보면, 남성의 경우 IT 분야 중 SW와 SI 분야가 높게 나타나고, 비IT 분야는 교육분야와 방송이 높게 나타나고 있으며, 여성의 경우에는 IT분야 중 SW가 4.97%, 비IT 분야의 경우는 교육 분야가 높게 나타난다.

<표 VI-5> 성별 업체분류

성별	업종 대분류	업체 세분류	비율	항목별 비율	
남	연관 및 비IT	교육	21(13.04%)	18.10	
		방송	12(7.45%)	10.34	
		비IT연구	6(3.73%)	5.17	
		비IT제조	6(3.73%)	18.10	
		비IT 합계	45(27.95%)	38.79	
	협회의 IT	전자	13(8.07%)	11.21	
		통신서비스	13(8.07%)	11.21	
		SI	21(13.04%)	18.10	
		SW	24(14.91%)	20.69	
		IT 합계	71(43.02%)	61.21	
합계			116(72.05%)	100.00	
여	연관 및 비IT	교육	7(4.35%)	95.45	
		비IT제조	1(0.62%)	50.00	
		비IT 합계	8(4.97%)	36.36	
	협회의 IT	전자	2(1.24%)	9.09	
		통신서비스	2(1.24%)	9.09	
		SI	2(1.24%)	9.09	
		SW	8(4.97%)	36.36	
		IT 합계	14(8.69%)	63.64	
	합계			22(13.66%)	100.00
	무응답	연관 및 비IT	교육	1(0.62%)	4.35
방송			1(0.62%)	0.42	
비IT제조			1(0.62%)	4.35	
비IT 합계			3(1.86%)	13.04	
협회의 IT		전자	2(1.24%)	8.70	
		통신서비스	1(0.62%)	4.35	
		SI	1(0.62%)	4.35	
		SW	16(9.94%)	69.57	
		IT 합계	20(12.42%)	86.96	
합계			23(14.29%)	100.00	
총합계			161(100%)	100.00	

<표 VI-6> 성별 현 직장 업무 대분류

성	현직장 현업무 대분류	현직장 현업무	응답자 수 (%)
남	시스템/네트워크	교육	2(1.24%)
		네/디자인/관리	5(3.11%)
		시/네연구	5(3.11%)
		시스템	5(3.11%)
		합계	17(10.56%)
	개발	개발연구	17(10.56%)
		시스템 관리	32(19.88%)
		웹개발	4(2.48%)
		웹콘텐츠	9(5.59%)
		합계	62(38.51%)
	디자인/기타	관리/재무회계	10(6.21%)
		기타	11(6.83%)
		기타 디자인	1(0.62%)
		영업	7(4.35%)
		콘텐츠 디자인	3(1.86%)
합계	32(19.88%)		
무응답		5(3.11%)	
남 요약		116(72.05%)	
여	시스템/네트워크	시/네연구	1(0.62%)
		합계	1(0.62%)
	개발	개발연구	2(1.24%)
		시스템 관리	7(4.35%)
		웹개발	2(1.24%)
		웹콘텐츠	2(1.24%)
	합계	13(8.07%)	
	디자인/기타	관리/재무회계	4(2.48%)
		기타	2(1.24%)
		콘텐츠 디자인	1(0.62%)
합계	7(4.35%)		
무응답		1(0.62%)	
여 요약		22(13.66%)	
무응답	시스템/네트워크	시스템	7(4.35%)
		합계	7(4.35%)
	개발	개발연구	2(1.24%)
		시스템 관리	6(3.73%)
		웹개발	1(0.62%)
	합계	9(5.59%)	
	디자인/기타	관리/재무회계	3(1.86%)
		기타	2(1.24%)
		기타 디자인	1(0.62%)
		영업	1(0.62%)
합계	7(4.35%)		
무응답		23(14.29%)	
총합계		161(100%)	

업체 구분별 학위 소지자 분포를 살펴보면 IT분야 중 SW 분야에서는 전문대, 학사 학위 소지자가, SI 분야는 학사 소지자가 많이 나타나고 있으며, 전자, 통신서비스 분야 업체에서는 석사 이상의 고학력자가 높게 나타난다. 본 설문조사의 경우 설문조사 모집단의 규모가 작기 때문에, 이것이 IT 전반의 경향이라고 단정 짓기는 어려우나, 대체적으로 IT관련 분야에서 이러한 경향이 나타나고 있는 것으로 보고 있다.

실제로 SW 개발의 경우 소요되는 시간과 노력에 비해 보상이 상대적으로 작기 때문에 이 업종에 대한 고학력자의 선호도가 낮은 것으로 보인다. 반대로 전자나 통신서비스 업체의 학력 수준이 SW나 SI 분야보다 다소 높게 나타나고 있는데, 이는 이 분야 모집단의 다수가 대기업에 속하고 있기 때문인 것으로 보이며, 학력 수준이 높은 경우 대부분 중소기업 보다는 대기업 쪽으로 지원하는 현실을 반영한다고 볼 수 있다. 또한 앞서 지적한 바와 같이 SW 업체 보다는 다른 IT 관련 업체에 대한 선호도가 높은 까닭이기도 하다.

비IT 분야와 IT 분야 별로 살펴보면, IT분야가 비IT분야 보다는 고학력 소지자가 상대적으로 많은 것으로 나타나고 있는데, 이는 IT 분야가 비IT 분야 보다는 지식의 주기가 상대적으로 짧아, 지속적인 학습이 필요하기 때문인 것으로 볼 수 있다.

<표 VI-7> 업체별 학력분류

업체 구분	학위	응답자 수	비율	항목별 비율
교육	석사	2	1.24	6.90
	전문대	8	4.97	27.59
	학사	11	6.83	37.93
	(비어 있음)	8	4.97	27.59
	교육 요약	29	18.01	100.00
방송	전문대	6	3.73	46.15
	학사	5	3.11	38.46
	(비어 있음)	2	1.24	15.38
	방송 요약	13	8.07	100.00
비IT연구	박사	2	1.24	33.33
	석사	2	1.24	33.33
	전문대	1	0.62	16.67
	학사	1	0.62	16.67
	비IT연구 요약	6	3.73	100.00
비IT제조	석사	3	1.86	37.50
	전문대	1	0.62	12.50
	학사	4	2.48	50.00
	비IT제조 요약	8	4.97	100.00
전자	박사	6	3.73	35.29
	석사	9	5.59	52.94
	학사	2	1.24	11.76
	전자 요약	17	10.56	100.00
통신서비스	박사	3	1.86	18.75
	석사	4	2.48	25.00
	학사	9	5.59	56.25
	통신서비스 요약	16	9.94	100.00
SI	석사	3	1.86	12.50
	전문대	1	0.62	4.17
	학사	18	11.18	75.00
	(비어 있음)	2	1.24	8.33
	SI 요약	24	14.91	100.00
SW	고졸	1	0.62	2.08
	석사	2	1.24	4.17
	전문대	18	11.18	37.50
	학사	27	16.77	56.25
	SW 요약	48	29.81	100.00
총합계		161	100.00	100.00

제4절 분석

먼저, 현재의 업무 혹은 프로젝트와 관련하여, 기술습득 경로가 어떻게 연결되는지 분석함으로써 학습경로를 찾고자 하였다. 두 번째로는, 전·현 직장의 업무변화 추이를 분석함으로써 직무이행경로를 찾고자 하였다. 세 번째로는 업무와 최종학위 취득시기 간 연관성을 분석하며, 직장에서 학교로의 이행(work to school)의 행태를 추적하고자 함이었다.²²⁾

1) 업무 혹은 프로젝트와 관련된 기술습득 경로

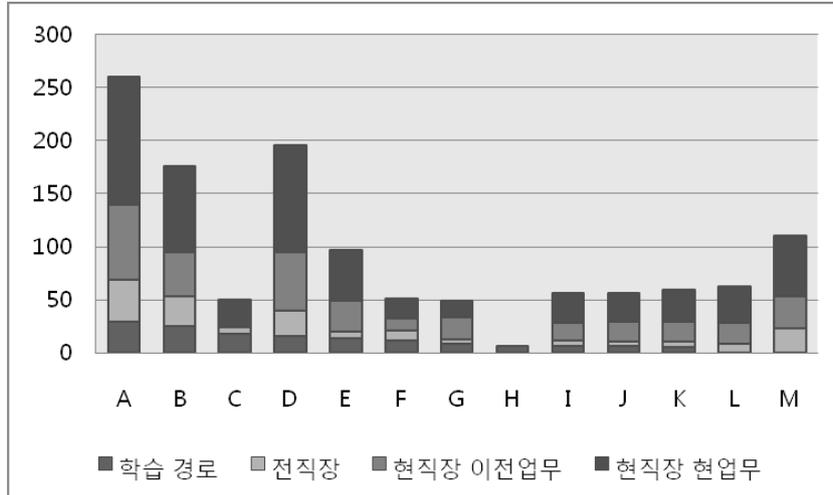
업무 혹은 프로젝트와 관련된 기술습득 경로에 대한 분석에서 현직장 요구 기술사항 학습경로는 “직장 일을 통해 스스로 학습한다”의 경우가 20.57%로 가장 높게 나타났으며, “직장 내 동료로부터 학습한다”가 17.73%로 나타나 대부분 정규 교육기관을 통해 학습하는 경우 보다는 업무 중에 습득하는 것으로 나타났다.

22) 조사자료의 갯수가 제한된 가운데, 의미 있는 결과가 제시되지는 않았으나, 이 외에도 군집분석(clustering analysis), 분류분석(classification analysis) 등이 시도되었다.

<표 VI-8> 기술습득 경로

	현직장 요구 기술사항 학습경로	전직장	현직장 이전업무	현직장 현업무	합계
직장 일을 통해 스스로 학습	29 (20.57%)	39 (23.78%)	71 (21.32%)	120 (20.48%)	259 (21.16%)
직장 내 동료로부터 학습	25 (17.73%)	28 (17.07%)	41 (12.31%)	81 (13.82%)	175 (14.3%)
TFT등 특별 과제 팀프로젝트	17 (12.06%)	7 (4.27%)	0 (0%)	26 (4.44%)	50 (4.08%)
직장 내 선배로부터의 학습	15 (10.64%)	24 (14.63%)	55 (16.52%)	101 (17.24%)	195 (15.93%)
직장에서 제공한 사외 교육훈련	13 (9.22%)	7 (4.27%)	29 (8.71%)	47 (8.02%)	96 (7.84%)
본인 사외 교육 참여	11 (7.8%)	10 (6.1%)	11 (3.3%)	19 (3.24%)	51 (4.17%)
관련기업 기관 연수	8 (5.67%)	4 (2.44%)	21 (6.31%)	16 (2.73%)	49 (4%)
현 직장 밖의 사람으로부터	6 (4.26%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	6 (0.49%)
직장 OJT 프로그램	6 (4.26%)	5 (3.05%)	17 (5.11%)	28 (4.78%)	56 (4.58%)
본인 사외 정규교육기관 이수	6 (4.26%)	4 (2.44%)	19 (5.71%)	27 (4.61%)	56 (4.58%)
직장에서 제공한 정규교육기관 이수	5 (3.55%)	5 (3.05%)	19 (5.71%)	30 (5.12%)	59 (4.82%)
이전 직장에서 습득	0 (0%)	8 (4.88%)	20 (6.01%)	34 (5.8%)	62 (5.07%)
현직장 입사이전 학교에서 학습	0 (0%)	23 (14.02%)	30 (9.01%)	57 (9.73%)	110 (8.99%)
합계	141 (100.0%)	164 (100.0%)	333 (100.0%)	586 (100.0%)	1224 (100.0%)

[그림 VI-4] 기술습득 경로별 분포



구분	학습습득경로
A	직장 일을 통해 스스로 학습
B	직장 내 동료로부터 학습
C	TFT등 특별 과제 팀프로젝트
D	직장 내 선배로부터의 학습
E	직장에서 제공한 사외 교육훈련
F	본인 사외 교육 참여
G	관련기업 기관연수
H	현 직장 밖의 사람으로부터
I	직장 OJT 프로그램
J	본인 사외 정규교육기관 이수
K	직장에서 제공한 정규교육기관 이수
L	이전 직장에서 습득
M	현직장 입사이전 학교에서 학습

이러한 기술 습득 경로에 대한 패턴을 알아보기 위하여 순차패턴 마이닝 기법을 이용하였다. 이 질문은 복수 응답이 가능하도록 하였으며, 분석결과 응답자들의 학습 경로를 “학습경로 1->학습경로2->학습경로3”의 순서의 패턴으로 나타냈다. 분석 시 유용한 패턴을 도출하기 위해 신뢰도, 지지도 모두 10% 이상인 경우만 패턴으로 추출하였다.

우선, 가장 신뢰도와 지지도 모두 높은 값을 보인 패턴 1의 경우, “TFT 등의 특별과제 팀 프로젝트”를 통해 1차적으로 기술을 습득한 후 “직장 내 선배로부터 학습”을 하고, 마지막으로 “직장 일을 통해 스스로 학습”한다고 응답한 경우가 전체의 12.82%로 나타났으며, 이러한 패턴의 정확도는 80%이다.

패턴 28번의 경우 “직장 일을 통해 스스로 학습”을 먼저 하며, 그 후 “직장 일을 통해 학습”을 한다고 응답한 사람이 전체의 57.69%로 지지도는 높으나, 이러한 패턴의 정확도는 31.11%로 낮게 나타났다. 따라서 일반적으로 직장에서 기술습득은 사내·사외 교육훈련 기관 혹은 입사 이전의 학교를 통해 학습한 지식이나 기술 보다는 직업 현장에서 필요한 기술을 습득한다는 것을 알 수 있다.

<표 VI-9> 학습경로 변화 패턴

번호	학습경로1	학습경로2	학습경로3	지지도	신뢰도
1	TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	12.82	80.00
2	TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	12.18	84.21
3	TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	14.10	81.82
4	직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	41.67	29.23
5	직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	41.03	28.13
6	직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	44.87	35.71
7	직장내 동료로부터 학습	직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	37.82	30.51
8	직장내 동료로부터 학습	직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	37.82	28.81
9	직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	33.97	30.19
10	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	35.90	30.36
11	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	35.90	28.57
12	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	32.05	32.00
13	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	43.59	39.71
14	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	43.59	26.47
15	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 동료로부터 학습	43.59	25.00
16	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	46.79	31.51
17	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	46.79	30.14
18	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	직장내 동료로부터 학습	46.79	21.92
19	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	33.97	30.19
20	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	39.10	27.87
21	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습	39.10	26.23
22	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	42.95	32.84
23	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	42.95	31.34
24	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 동료로부터 학습	42.95	23.88
25	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	30.77	33.33
26	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	35.26	30.91
27	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습	35.26	29.09
28	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	57.69	31.11
29	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	57.69	25.56
30	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 동료로부터 학습	57.69	23.33

각 학습경로가 IT전공자와 비 IT전공자 간의 차이가 있을 것으로 생각되어, 추가로 IT전공자와 비 IT 전공자로 나누어서 분석을 하였다.

<표 VI-10>의 경우는 IT전공자들의 학습 경로를 알아본 것이다. 가장 많은 응답자들의 학습 경로는 “직장 일을 통해 스스로 학습”하고 “선배로부터” 그리고 “직장에서 제공한 사외 교육훈련”을 통해 학습을 하고 마지막으로 “직장 일을 통해 스스로 학습”한다고 응답한 경우가 71.05%의 지지도를 보여 가장 높게 나타났으며, 이러한 패턴의 정확도는 62.96%에 해당한다. IT업체와 비 IT업체의 기술습득 경로 패턴에 있어서 구분되는 점은, 그 정도가 높지는 않으나, “직장 사외교육”에 대한 응답이 비 IT분야보다는 많이 나타났다. 이러한 경향은 설문조사 대상 업체 중 대기업의 경우 상당수가 IT업체였기 때문인 것으로 추측된다. 그러나 “직장 일”, “직장 동료”, “직장 선배”로부터 기술을 습득하고, “직장 내 동료로부터 학습” 한다고 응답한 경우가 전체의 29.82%로 낮게 나타났지만, 이 패턴의 정확도는 64.71%이다.

<표 VI-10> IT 전공자 학습경로 변화 패턴

학습경로 1	학습경로 2	지지도	신뢰도
본인 사외 교육참여	직장 일을 통해 스스로학습	88.6	60.4
직장내 선배로부터의 학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장 일을 통해 스스로학습	88.6	51.49
직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	88.6	40.59
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장 일을 통해 스스로학습	71.05	62.96
직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	71.05	59.26
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	71.05	41.98
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	66.67	64.47
직장내 선배로부터의 학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장내 선배로부터의 학습	66.67	59.21
직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장 일을 통해 스스로학습	66.67	50
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	60.53	62.32
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	60.53	60.87
직장 일을 통해 스스로학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습	60.53	42.03
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장내 선배로부터의 학습	55.26	57.14
직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	55.26	46.03
직장 일을 통해 스스로학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장 일을 통해 스스로학습	53.51	55.74
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장내 선배로부터의 학습	53.51	54.1
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	53.51	44.26
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습	49.12	57.14
직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	49.12	50
직장내 동료로부터 학습	직장내 선배로부터의 학습	48.25	61.82

<표 계속>

학습경로 1	학습경로 2	지지도	신뢰도
직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장내 선배로부터의 학습	48.25	60
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	48.25	49.09
현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습	44.74	60.78
직장 일을 통해 스스로학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장내 선배로부터의 학습	44.74	52.94
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	39.47	55.56
직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	38.6	61.36
직장내 선배로부터의 학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	38.6	59.09
직장내 동료로부터 학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	38.6	43.18
직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	35.96	60.98
직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	33.33	55.26
직장내 선배로부터의 학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장에서 제공한 사외 교육훈련	32.46	54.05
직장 일을 통해 스스로학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장내 선배로부터의 학습	30.7	60
직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	30.7	60
직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습	30.7	60
현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장내 선배로부터의 학습	30.7	57.14
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 동료로부터 학습	29.82	64.71
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습	29.82	61.76
직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 동료로부터 학습	29.82	58.82
직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장에서 제공한 사외 교육훈련	29.82	52.94
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 동료로부터 학습	28.95	63.64
직장내 선배로부터의 학습	직장내 동료로부터 학습	28.95	60.61
직장 일을 통해 스스로학습	직장내 동료로부터 학습	21.93	72

<표 VI-11>는 비 IT의 경우이다. 1~3까지 “직장 일을 통해 스스로 학습”한다고 응답한 사람이 전체의 69.5%로 높게 나타났으며, 이러한 패턴의 정확도는 41.38%로 나타났다. 또한 모든 경로에서 “직장 일을 통해 스스로 학습”한다고 응답한 비율이 높았다. 이는 앞서 살펴본 바와 같이 일반적으로 다른 교육기관을 통해 기술을 습득하기 보다는 대부분 스스로 업무를 수행하면서 혹은 주위의 선배들을 통해 습득한다는 결과와 일치된다.

특히 IT 기업에 취직한 비 IT 전공자들의 경우 도움을 받을 곳이 충분하지 않아 스스로 학습하는 것으로 나타났다. 21번의 경우 “TFT 등 특별과제 팀 프로젝트”를 통해 학습하고, “직장 일”이나 “직장에서 제공한 사외 교육 훈련”을 통해 기술을 습득한다고 응답한 사람이 전체에서 19.5%로 그 패턴을 따르는 응답자가 전체 비율로서는 높지는 않지만, 그 패턴의 정확도는 100%로 나타났다.

<표 VI-11> 비 IT 전공자 학습경로 변화 패턴

학습경로 1	학습경로 2	학습경로 3	지지도	신뢰도
직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	69.05	41.38
직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	47.62	40
직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	47.62	40
직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	45.24	57.89
직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	45.24	52.63
직장 일을 통해 스스로학습, 직장 내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	45.24	42.11
직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 동료로부터 학습	45.24	42.11
직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	45.24	42.11
직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	42.86	44.44
직장내 동료로부터 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	35.71	46.67

<표 계속>

학습경로 1	학습경로 2	학습경로 3	지지도	신뢰도
직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습	직장내 동료로부터 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	35.71	46.67
직장내 동료로부터 학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	35.71	46.67
직장 일을 통해 스스로학습	이전 직장에서 습득	직장 일을 통해 스스로학습	33.33	50
직장 일을 통해 스스로학습	이전 직장에서 습득, 직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	30.95	53.85
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습	직장 일을 통해 스스로학습	23.81	90
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습	직장내 선배로부터의 학습	23.81	80
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습, 직장 일을 통해 스스로학습	23.81	80
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습	직장에서 제공한 사외 교육훈련	23.81	70
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장내 선배로부터의 학습	21.43	88.89
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습, 직장내 선배로부터의 학습	직장 일을 통해 스스로학습	21.43	88.89
TFT등 특별과제팀 프로젝트	현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장에서 제공한 사외 교육훈련, 직장 일을 통해 스스로학습	21.43	77.78
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습, 현 직장 입사 이전 학교에서 학습	직장 일을 통해 스스로학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	19.05	87.5
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장 일을 통해 스스로학습, 직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장에서 제공한 사외 교육훈련, 직장 일을 통해 스스로학습	16.67	100
TFT등 특별과제팀 프로젝트	직장에서 제공한 사외 교육훈련	직장에서 제공한 사외 교육훈련, 직장 일을 통해 스스로학습	16.67	100

2) 연관규칙 마이닝 방법을 이용한 전현직장의 업무 변화 추이

전·현 직장의 업무 변화 추이에 대해 알아보기 위해 연관규칙 마이닝을 이용하여 분석하였다. 연관규칙 마이닝 분석 시 의미 없는 너무 많은 규칙이

나올 경우 규칙의 신뢰가 떨어지므로 유용한 규칙을 도출하기 위한 규칙을 임계치를 주어야 한다. 본 분석에서는 규칙의 임계치를 지지도 10%, 신뢰도 10%로 설정하였으며, 이러한 분석 결과, 총 20개의 규칙이 나왔다.

첫 번째 규칙의 경우 전공이 전산이고 전 직장은 다니지 않았거나 응답하지 않은 사람이 현 직장의 이전 업무가 개발인 사람 중 현 직장 현재업무가 시스템 관리인 사람은 17명이며, 41.18%(신뢰도)를 차지한다. 이는 전체 인원 161명의 약 10.56%(지지도)이다. 전공이 전산이고 전 직장은 다니지 않았거나 응답하지 않은 사람이 현 직장의 이전 업무가 개발인 사람 중에서는 41.18%(신뢰도)를 차지한다.

5번 규칙의 경우 전공의 특징이 없고, 전 직장에서 개발 업무를 담당하는 사람 중 현 직장 현재업무가 시스템 관리인 사람은 22명이며, 신뢰도는 45.45%이며, 지지도는 13.66%를 나타낸다. 이는 전체 응답자의 13.66%가 이에 해당되며, 전 직장에서 업무를 담당하는 사람 중에 45.45%가 현 직장 현재업무로 시스템 관리를 담당한다는 것을 의미한다.

18번의 경우 응답자 수가 50명이며 지지도가 31.06%이지만, 신뢰도가 12.0%로 낮다. 이러한 이유는 현 직장 이전업무가 개발인 사람이 현 직장의 현재업무로 관리/재무회계를 하는 경우가 12.0%로 신뢰도가 낮게 나타났기 때문이다. 이것은 이러한 업무 변화의 추이를 보이는 확률이 적다는 것을 나타낸다.

그러나 본 설문조사의 경우 신뢰도가 높은 규칙이 존재하지 않는다. 이는 전직장이나 현재 직장의 이전업무를 표기하지 않은 경우가 많고, 설문조사 표본의 수가 적기 때문이다.

<표 VI-12> 연관규칙 마이닝 방법을 이용한 전·현 직장의 업무 변화 추이

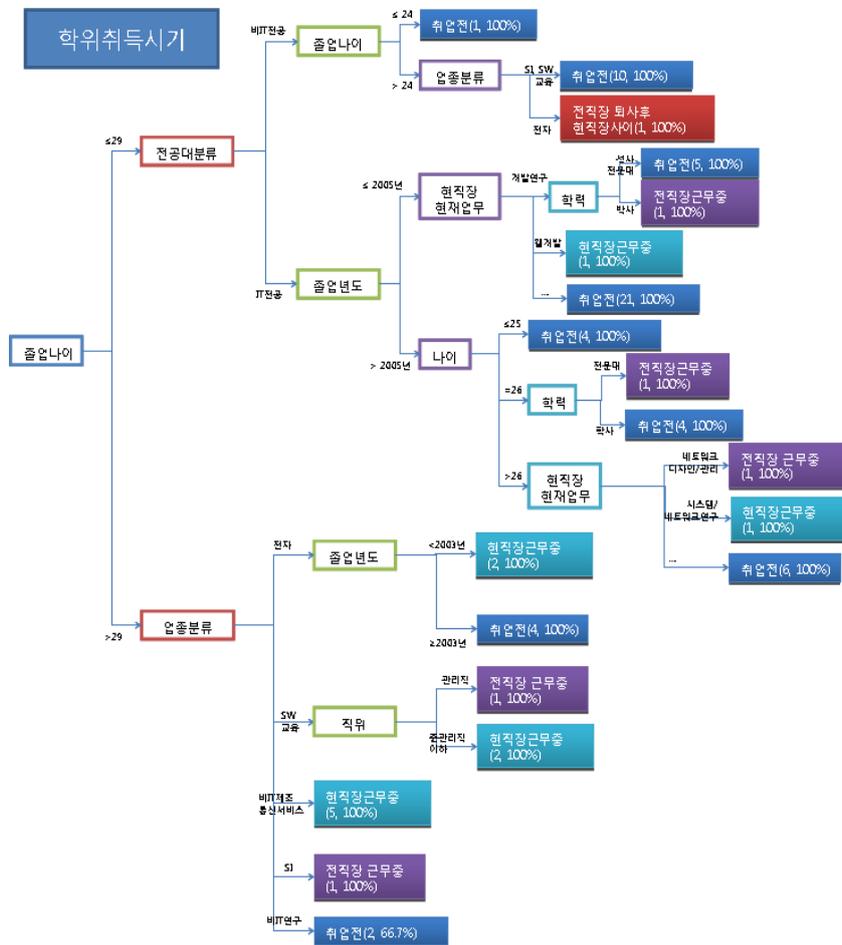
규칙 번호	전공	전직장	현직장 이전업무	현직장 현재업무	응답자 수	지지도	신뢰도
1	전산		개발	시스템 관리	17	10.56	41.18
2	전산		개발	관리/재무회계	17	10.56	17.65
3	전산		개발	웹개발	17	10.56	11.76
4	전산		개발	웹콘텐츠	17	10.56	11.76
5		개발		시스템 관리	22	13.66	45.45
6	전산			시스템 관리	52	32.30	44.23
7	기계재료화공			개발연구	24	14.91	41.67
8			개발	시스템 관리	50	31.06	36.00
9	전기전자			시스템 관리	25	15.53	28.00
10			개발	개발연구	50	31.06	22.00
11	경영			관리/재무회계	19	11.80	21.05
12	기계재료화공			시스템 관리	24	14.91	20.83
13		개발		개발연구	22	13.66	18.18
14	전기전자			개발연구	25	15.53	16.00
15	경영			기타	19	11.80	15.79
16	경영			시스템 관리	19	11.80	15.79
17	전기전자			기타	25	15.53	12.00
18			개발	관리/재무회계	50	31.06	12.00
19	경영			영업	19	11.80	10.53
20	경영			시스템	19	11.80	10.53

3) 의사 결정 나무 기법에 의한 학위취득시기 분석

의사 결정 나무 기법을 이용하여 학위취득 행태와 학위취득 시기 간 연관성 등을 분석하였다. 의사 결정 나무 기법을 이용한 분석 시 말단 노드가 될 클래스(class node)로 학위취득 시기를 선정하여 학위취득 시기에 영향을 주는 다른 항목들을 분석하였다. 분석 결과는 [그림 VI-5]와 같이 표현될 수 있다.

학위 취득에 가장 영향을 미치는 설문 항목은 졸업 나이이며, 29세를 기준으로 초과와 이하로 나누어진다. 다음으로 영향을 많이 미치는 설문 항목은 졸업 나이 29세 초과와 이하의 경우 전공대분류, 29세 이하의 경우 업무가 영향을 많이 미치는 것으로 나타났다. 그러나 분석 결과 현재의 표본 수가 제한되어 있어 유의한 결과가 도출 되지 않았다.

[그림 VI-5] 학위취득시기별 의사결정나무



제5절 분석결과와 시사점

현재의 분석은 표본 수가 제한된 가운데, 연관분석을 이용한 업무변화추이와 의사결정나무기법에 의한 학위취득 시기 분석 등에 있어서 유의한 결과를 제시하지는 못하고 있다. 전·현 직장의 업무 변화 추세의 경우에 전산 전공자의 경우 “개발”에서 “시스템 관리”로 업무가 변하는 경우가 많았으나, 표본 수가 적고 무응답 비율이 높은 가운데, 유의한 결과로 간주될 수는 없다.

근본적으로 표본 수의 한계 아래, 현재의 분석에서 확인되어지는 것은 업무에 필요한 학습의 경로에 대한 시사이다. 업무에 필요한 학습의 경로는 일반적으로 사내/사의 교육훈련 기관 혹은 입사 이전의 학교를 통해 학습한 지식이나 기술 보다는 직업 현장에서 필요한 기술을 습득하는 것으로 나왔으며, 특히 비 IT 전공자의 경우에는 “직장 일을 통해 스스로 학습”이 전 학습경로에서 높게 나왔다.

또한, IT전공자의 경우에는 비 IT전공자보다 “선배, 동료로부터 기술 습득”의 비율이 높게 나왔다. 이는 비 IT전공자의 경우 업무상 도움을 받을 곳이 충분하지 않아 스스로 학습하는 비율이 높고, IT전공자의 경우 비슷한 업무를 수행하는 선배 혹은 동료가 비교적 많이 때문에 비 IT전공자에 비하여 선배, 동료로부터 기술 습득이 많기 때문이다.

이러한 분석에서 구할 수 있는 시사점은 작업수행을 통한 학습이 매우 중요하다는 것과 학교에서 학습한 사항이 업무지식과의 직접적인 연계가 크지 않다는 것이다. 이러한 분석결과는 현재의 학교교육이 현장의 요구에 부응하지 못하고 있다는 일반적인 인식을 지지하는 것으로 해석될 수도 있지만, 그 보다는 학교교육은 업무에 필요한 기본적인 지식과 숙련을 제공하며 본격적인 현장학습의 기초로 해석될 수도 있다. 특히 융합기술의 발전이 가속화되

고 기존 지식의 진부화가 빠르게 진행될수록, 현장학습의 중요성이 증대하는 한편, 학교교육의 이후 지속적으로 현장에서 새로운 기술 습득을 위한 기반으로의 성격이 강화될 것이다.

‘현장학습의 중요성 증대와 기반 교육으로의 학교교육’이라는 것은, 현재 일각에서 제기되는 맞춤형 교육 혹은 특성화 교육 등의 주장에 대한 심각한 문제제기를 하게 한다. 맞춤형 교육 혹은 특성화 교육은 기반교육으로의 학교교육의 성격을 간과하게 하며, 현장에서의 학습에 중·장기적으로는 불리하게 작용할 것이기 때문이다.²³⁾

23) 현재의 분석은 표본의 수가 충분하지 못한 가운데 이루어 졌기에, 이에 대한 확정적인 입증은 유보되며, 추후 학습경로, 직무이행경로, 재교육에 대한 필요 및 방식 등에 대한 세부분석을 통해 이에 대한 입증이 필요하다.

제 7 장 결 론

제1절 융합기술인력 양성 방안과 과제

본 연구는 3장에서의 이론적 검토를 통하여, ‘기존의 지식 생성은 이전의 분리된 지식들의 이전(transferring)과 결합(combination)으로부터, 융합기술 확산에서의 지식생성은 지식생성자의 타 부문 지식과의 의사소통(communication)과 상호흡수(co-absorption)능력에 기초한다’는 연구가설 1을 해명하고자 하였으며, 6장의 실증분석을 통하여, ‘융합기술 확산에서 지식생성뿐 아니라 지식습득에서도 의사소통(communication)과 상호흡수(co-absorption)능력이 핵심적이며, 이의 배양을 위해서는 현재의 기술수요에 대한 직접적인 대응으로의 맞춤형 교육보다는 기초학습능력을 강화를 전제로 현장학습기회를 확보하는 것이 효율적이다’라는 연구가설 2를 입증하고자 하였다.

그러나 현재의 연구에서 이론적 분석과 실증적 분석은 본 연구가설에 대한 엄밀한 검증으로는 만족스럽지 못하며, 보다 엄격한 분석을 위한 기초작업으로의 성격을 가진다. 기초연구로서의 한계를 가지면서 본 연구가 제시할 수 있는 시사점은 기술융합에 대응하기 위해서는 다학문적 숙련과 지식에 접근하고 상호 커뮤니케이션이 활성화 될 수 있는 교육 및 훈련 시스템이

정비될 필요가 있다는 것이다. 또한 융합기술의 발전이 가속화되고 기존 지식의 진부화가 빠르게 진행될수록, 현장학습의 중요성이 증대하는 한편, 정규교육은 이후 지속적으로 현장에서 새로운 기술 습득을 위한 기반으로의 성격이 강화될 것으로 여겨진다.

이는 기업 수요중시의 맞춤형 교육이 지속적인 학습능력을 위한 기초학습 능력에 기반하지 않는다면, 지속성을 가질 수 없음을 의미한다. 융합기술의 발전이 가속화되고 기존 지식의 진부화가 빠르게 진행될수록, 현장학습의 중요성이 증대하는 한편, 학교교육이 이후 지속적으로 현장에서 새로운 기술 습득을 위한 기반으로의 성격이 강화될 것이다. ‘현장학습의 중요성 증대와 기반 교육으로의 학교교육’이라는 것은, 현재 일각에서 제기되는 맞춤형 교육 혹은 특성화 교육 등의 주장에 대한 근본적인 문제제기를 하도록 한다. 맞춤형 교육 혹은 특성화 교육은 기반교육으로의 학교교육의 성격을 간과하게 하며, 현장에서의 학습을 중장기적으로는 불리하게 작용할 것이기 때문이다.

기술융합의 확산은 학제간 지식의 중요성을 더욱 강조한다. 기술융합이 학제간 지식은 추동할 뿐만 아니라, 학제간 지식은 기술융합의 생성과 활용의 전제이기도 하다. 이러한 학제간 지식의 확대는 지식의 상호교류 혹은 기술분야간 상호교류를 요구한다. 기존의 인력양성 및 활용체계는 다학문적 숙련을 습득할 수 있는 인력양성의 시스템으로 전환되어야 할 것이다. 그런데, 이러한 융합인력 양성 프로그램을 개발하는 데 있어서 고려되어야 할 것은, 기술분야별로 기존 인력의 직무이행경로와 학습행태가 차이를 가진다면, 이러한 차이가 양성프로그램 개발에서 고려되어야 한다는 점이다.²⁴⁾ 이러한 차이는 기술분야의 비전과 성격에 따라서도 차이를 가질 것이다.

한편, 본 연구에서 검토사례로서의 ‘ICU 기초과학 및 융합기술트랙에서의

24) 본 연구에서는 이에 대한 실증분석이 성공적으로 달성되지는 못하였으며, 이에 대한 검증은 후속작업으로 남긴다.

융합기술인력양성 방안이 보이는 것은, 융합인력 양성 프로그램 개발 주체의 특수성이 적극 반영되며 자발적인 발전 프로그램이 준비되어야 할 것이라는 점이다. 정부가 직접적으로 융합기술인력양성을 추진하는 것은 경계되어야 할 것을 시사한다고 여겨지는 한편, 정부는 R&D사업의 배정에서 국가 전략적 차원에서 융합연구프로젝트를 생성시킴으로서 융합기술인력의 배양을 촉진할 수 있을 것으로 여겨진다.

제2절 융합기술인력 양성관련 후속 연구 과제

본 연구의 궁극적인 목적은 기술융합의 확산에 대응한 융합기술인력양성의 전략 방안 마련이다. 이를 위해서는, 기술분야의 비전과 성격에 대한 국가 R&D 전략과 연계하는 거시적 관점과 함께, 기술분야별로 기존 인력의 직무이행경로와 학습행태의 차이에 대한 미시적 분석이 수반되어야 할 것이다. 또한 기술융합의 확산에 대응한 인력양성 방안을 보다 체계적으로 논의하기 위해서는 ICU의 사례와 같이 내부 역량 및 외부여건 병화에 대한 내부의 진단을 포함되어야 할 것이다.

그러나 현재의 연구는 기술융합의 확산에 대응한 인력양성 방안의 본격적이고 구체적인 제시에 앞선 기초연구로서의 성격 혹은 한계를 가진다. 애초에는 본 연구에서 시범적인 형태로나마, 미래적인 관점에서 융합기술인력에 요구되는 자질에 대한 분석과 기존인력에서 융합기술확산에 대한 대응행태(직무이동 및 학습경로) 등의 분석을 수행하고자 하였다, 그러나, 연구과정 속에 융합기술인력에 요구되는 자질에 대한 분석은 포함되지 못하였고, 융합기술확산에 대한 대응행태(직무이동 및 학습경로) 등의 분석은 미진한 형태이다.

현재의 분석은 근본적으로 조사표본의 수가 적음으로 인한 구체적으로 다음의 문제를 가지는데, 후속 연구에서 이러한 문제점이 극복된다면 본 연구 6장의 분석방법을 이용하여 융합기술 인력양성에 유용한 시사점을 찾을 수 있을 것이다.

- i. 현재는 조사 설문 항목 수에 비하여 조사표본수가 적어서 유의한 패턴의 도출이 곤란. 향후 표본수의 확대에서, 특히 업무/연령/직위 등의 분류에서 적절한 표본수가 확보된다면 유용한 분석결과가 기대됨.
- ii. 한편 향후 조사기업의 구성에서는, 대기업과 중소기업의 비율, 업종별 비율 등이 모집단 구성 비율을 반영할 필요가 있음.
- iii. 현재는 표본의 수가 한정된 가운데 업무별·학과별 표본 수를 확보하기 위하여, 무리하게 업무 및 학과 분류가 이루어 졌음. 업무 특성 및 학과 특성을 반영한 분류가 요청됨.
- iv. 현재는 이전 직장의 기업구분이 없음. 향후에는, 현 직장의 기업규모, 업종뿐만 아니라 이전 직장의 기업규모, 업종도 필요
- v. 직장 근무자에 대한 조사만으로는 직장으로부터 학교로의 이행에 대한 충분한 표본을 확보하기 어렵다는 점이 나타났음. 이를 보완하기 위해서는 직장 근무자에 대한 조사와 병행하여, 관련기술 특수 대학원(정보과학대학원 등)이나 일반 대학원의 관련기술 학과에 다니는 직장인 혹은 직장인 출신들을 대상으로 조사를 수행 할 필요가 있음

조사분석 과정에서 제기된 이러한 제반 문제점이 극복되어야만, 융합 기술 인력양성 방안마련을 위한 실증적 기초가 확보될 것이다. 이를 위해서는 설문조사 및 인터뷰가 보다 치밀하게 이루어지는 한편 조사규모가 상당한 정

도로 확대되어야 할 것이다. 조사규모를 확대하는 것은 단순히 조사인원을 늘리는 문제가 아니라, 조사대상의 특성을 반영한 표본수집단계에서부터 이루어져야 할 것이다. 기술성격을 반영한 모집단을 설정하고, 모집단의 특성을 반영할 수 있는 표본설계가 필요할 전망이다. 조사항목 등에서도, 기술성격에 따른 심도 있는 심층적인 질문이 이어질 수 있어야 할 것이다.

SUMMARY

**Diffusion of Converging Technology and
Human Resources Development**

Hwang, Gyu-hee
Park, Dong
Hong, Sun-ye

Following the fast technological changes of information and communication technology (ICT) in late 20th century is the emergence of converging technology from nano-technology (NT), ICT and bio-technology (BT). It brings great transformation of the whole society. For instance, different industries are now converging and new disciplines are derived from the old disciplines. Therefore, it is an urgent matter to research on the human resources development which confronts the converging trend.

The study aims to respond to the needs of the new era. It dares to enlarge the understandings of the changes in the knowledge, and of what is needed in the learning process along with the converging trends. It requires a theoretical inquiry about the knowledge as well as the empirical investigation on learning process.

The study starts from the following two hypotheses:

Hypothesis I: Traditional knowledge was created through transferring and combination of disciplines, but the creation of knowledge in the era of convergence is based on communication and co-absorption.

Hypothesis II: Communication and co-absorption of knowledge are the essential core capability to create knowledge in diffusion of converging technologies, and also to acquire knowledge.

The hypothesis I is theoretically examined through literature reviews and the hypothesis II is empirically tested through a survey. However, the study only reaches to a preliminary result preparing for the advanced study and cannot be considered as a concrete conclusion or a rigorous study. Next step of the study is to bring up a more reliable and robust confirmation based on further empirical evidences including job-analysis with future perspectives.

The result of the current study is that in human resource development in the era of convergence, prompt response to technological needs (ie. customized education and training) would be inferior to the expansion of field-based learning opportunity based on strengthening fundamental learning capability.

<부 록>

<부록 1> 설문 조사

<부록 2> 인터뷰 조사

<부록 3> 기술 융합 관련 연구에서 나타나는 용어해설

<부록 1> 설문 조사

<기술융합에 대응한 기술능력 개발>을 위한 조사

기술진보가 가속화되는 한편, 기술융합에 대한 관심이 높아지고 있습니다. 이에 대응하여, 어떻게 기술능력을 개발해야 할 지, 우리 사회의 기업-학교-정부는 모두 고민하고 있습니다. 금번 조사에서는 IT관련 기술과의 결합에 의한 IT기반 융합기술에 일차적 관심을 가지는 한편, IT기반 융합기술 뿐만 아니라 관련 기술융합에 대해서도 비교분석을 수행하고자 합니다.

저희 한국직업능력개발원에서는, 기존의 엔지니어와 연구자 등이 어떻게 기술변화추이에 대응해 왔는지를 조사하고자 합니다. 본 조사를 통하여 현재 제기되는 기술융합에 대응한 인력개발의 기초자료를 확보하고, 이에 대한 분석을 통하여 현재 제기되는 고민에 대응한 방안 마련의 기반을 마련하고자 합니다.

저희 한국직업능력개발원은 정부 출연연구소로서, 국가인력수요에 대한 전망, 미래직업세계에 대한 전망, 직업교육/훈련에 관한 연구, 고용능력개발을 위한 연구 등을 수행합니다. 본 연구는 정부나 기업 등의 의뢰에 의한 조사분석이 아닌 순수 기초연구로서 수행되며, 향후 관련 연구의 기반이 될 것입니다.

이에 대하여, 바쁘시더라도 잠시 시간을 내시어 이하의 문항들에 대해 성실히 응답해 주시면 감사하겠습니다. 귀하의 신분과 응답내용에 대해서는 통계법에 의거해 비밀이 보장되며, 조사결과는 연구 목적 외에 다른 목적으로 사용되지 않을 것을 약속드립니다.

감사합니다.

한국직업능력개발원

전화: 02-3485-5263 fax: 02-3485-5140 E-mail: g.hwang@krivet.re.kr

1. 다음은 현재 하시는 일에 대한 사항입니다.

1-1 입사해서 지금까지 거쳐 온 업무(현재 업무까지 포함) 중 가장 오래 담당
한 업무를 최대 3개까지 업무, 근무기간을 기입해 주시기 바랍니다.

▶ 업무분야는 아래 【보기1】의 세분류에서 해당번호를 골라 기입해
주십시오. 단, 아래보기에 해당번호가 없는 경우 괄호 안에 업무분야
(A~E 중 택일)와 함께 구체적 업무명을 직접 기입해 주시기 바랍
니다.

	(1) 1번째 업무	(2) 2번째 업무	(3) 3번째 업무
(1) 업무분야	()	()	()
(2) 근무기간 (언제부터 ~ 언제까지)	{ }년 { }월~	{ }년 { }월~	{ }년 { }월~

【보기1】 분야 및 세분류

업무분야	세분류				
A.시스템	A1 Microsoft	A2 UNIX	A3 Linux	A4 교육 ()	A5 연구 ()
B.개발	B1 웹 포탈	B2 콘텐츠	B3 시스템, 네트워크 관리	B4 교육 ()	B5 연구 ()
C.디자인	C1 웹 포탈 C6 게임	C2 영화 C7 연구	C3 음악 C8 기타 ()	C4 방송,영상	C5 검색
D.네트워크	D1 디자인 및 관리	D2 교육 ()	D3 연구 ()		
E.기타	E1 영업	E2 관리	E3 재무,인사,회계	E4 기타 ()	

1-2. 위의 표와 관련하여, 참여하시는 기술개발 및 연구 프로젝트가 있으신
경우, 프로젝트 내용과 참여내용, 참여형태(직급)를 기술해주시기 바랍니다.

기간	프로젝트 내용	참여 내용	참여 형태(직급)
예시) 2004년 4월 -12월	암호해독 프로세스 개발	암호 알고리즘 개발	프로그래머, PM 으로 참여

1-3. 업무 혹은 프로젝트와 관련된 기술습득을 어떻게 하셨습니까? 업무명 기준 혹은 프로젝트명 기준으로 가장 중요한 2 가지를 선택하시어 이의 명칭을 적어주시며, 관련한 기술습득 경로에 대해 답변(✓) 해 주시기 바랍니다.

1. 관련 업무 명 혹은 프로젝트 명		2) 직무능력에 미친 효과 (해당이라고 답변한 경우만 응답)					
기술습득 경로	1) 해당유무		전혀 없음	별로 없음	어느 정도 있음	상당히 있음	매우 많이 있음
	해당	해당 없음					
(1) 이전 직장에서 습득	1	2	1	2	3	4	5
(2) (현) 직장 입사 이전, 학교에서 습득	1	2	1	2	3	4	5
(3) 직장내 선배로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5
(4) 직장내 동료로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5
(5) 직장 일을 통해 스스로 학습	1	2	1	2	3	4	5
(6) 직장 OUT 프로그램	1	2	1	2	3	4	5
(7) 직장내 TFT 등 특별과제팀 프로젝트*	1	2	1	2	3	4	5
(8) 직장에서 제공한 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5
(9) 직장에서 제공한 사외 교육훈련	1	2	1	2	3	4	5
(10) 관련 기업, 기관 등 연수	1	2	1	2	3	4	5
(11) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 사외 교육훈련 참여	1	2	1	2	3	4	5
(12) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5
(13) 기타:							

1. 관련 업무 명 혹은 프로젝트 명		2) 직무능력에 미친 효과 (해당이라고 답변한 경우만 응답)					
기술습득 경로	1) 해당유무		전혀 없음	별로 없음	어느 정도 있음	상당히 있음	매우 많이 있음
	해당	해당 없음					
(1) 이전 직장에서 습득	1	2	1	2	3	4	5
(2) (현) 직장 입사 이전, 학교에서 습득	1	2	1	2	3	4	5
(3) 직장내 선배로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5
(4) 직장내 동료로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5
(5) 직장 일을 통해 스스로 학습	1	2	1	2	3	4	5
(6) 직장 OUT 프로그램	1	2	1	2	3	4	5
(7) 직장내 TFT 등 특별과제팀 프로젝트*	1	2	1	2	3	4	5
(8) 직장에서 제공한 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5
(9) 직장에서 제공한 사외 교육훈련	1	2	1	2	3	4	5
(10) 관련 기업, 기관 등 연수	1	2	1	2	3	4	5
(11) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 사외 교육훈련 참여	1	2	1	2	3	4	5
(12) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5
(13) 기타:							

* 특별과제팀 프로젝트는 일상적인 업무와 관련이 없는 팀별 특별과제 수행을 의미

2. 다른 직장 경험이 있으신 경우(해당자만 답변), 이에 대한 질문입니다.

2-1. 이전 직장(들)에서 가장 오래 담당한 업무를 최대 3개까지 업무, 근무 기간을 기입해 주시기 바랍니다.

▶ 업무분야는 아래 【보기1】의 세분류에서 해당번호를 골라 기입해 주십시오. 단, 아래보기에 해당번호가 없는 경우 괄호 안에 업무분야 (A~E 중 택일)와 함께 구체적 업무명을 직접 기입해 주시기 바랍니다.

1. 관련 업무 명 혹은 프로젝트 명		2) 직무능력에 미친 효과 (해당이라고 답변한 경우만 응답)						
기술습득 경로	1) 해당유무		2) 직무능력에 미친 효과					
	해당	해당 없음	전혀 없음	별로 없음	어느 정도 있음	상당히 있음	매우 많이 있음	
(1) 이전 직장에서 습득	1	2	1	2	3	4	5	
(2) (현) 직장 입사 이전, 학교에서 습득	1	2	1	2	3	4	5	
(3) 직장내 선배로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5	
(4) 직장내 동료로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5	
(5) 직장 일을 통해 스스로 학습	1	2	1	2	3	4	5	
(6) 직장 QIT 프로그램	1	2	1	2	3	4	5	
(7) 직장내 TFI 등 특별과제팀 프로젝트*	1	2	1	2	3	4	5	
(8) 직장에서 제공한 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5	
(9) 직장에서 제공한 사외 교육훈련	1	2	1	2	3	4	5	
(10) 관련 기업, 기관 등 연수	1	2	1	2	3	4	5	
(11) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 사외 교육훈련 참여	1	2	1	2	3	4	5	
(12) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5	
(13) 기타:								

【보기1】 분야 및 세분류

업무분야	세분류				
A.시스템	A1 Microsoft	A2 UNIX	A3 Linux	A4 교육 ()	A5 연구 ()
B.개발	B1 웹 포탈	B2 콘텐츠	B3 시스템, 네트워크 관리	B4 교육 ()	B5 연구 ()
C.디자인	C1 웹 포탈	C2 영화	C3 음악	C4 방송,영상	C5 검색
	C6 게임	C7 연구	C8 기타 ()		
D.네트워크	D1 디자인 및 관리	D2 교육 ()	D3 연구 ()		
E.기타	E1 영업	E2 관리	E3 재무,인사,회계	E4 기타 ()	

2-2. 위의 표와 관련하여 기술개발 및 연구 종사시, 참여 프로젝트의 내용과 참여내용, 참여형태(직급)를 기술해주시기 바랍니다.

기간	프로젝트 내용	참여 내용	참여 형태(직급)
예시) 2004년 4월 -12월	암호해독 프로세스 개발	암호 알고리즘 개발	프로그래머, PM 으로 참여

2-3. 이전 직장에서 이와 관련된 기술습득을 어떻게 하셨습니까? 업무명 기준 혹은 프로젝트명 기준으로, 가장 중요한 업무 혹은 프로젝트 한 가지를 선택하시어 답변(✓)하여 주십시오.

1. 관련 업무 명 혹은 프로젝트 명	2. 직무능력에 미친 효과 (해당이라고 답변한 경우만 응답)						
기술습득 경로	1) 해당유무		2) 직무능력에 미친 효과				
	해당	해당 없음	전혀 없음	별로 없음	어느 정도 있음	상당히 있음	매우 많이 있음
(1) 이전 직장에서 습득	1	2	1	2	3	4	5
(2) (현) 직장 입사 이전, 학교에서 습득	1	2	1	2	3	4	5
(3) 직장내 선배로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5
(4) 직장내 동료로부터의 학습	1	2	1	2	3	4	5
(5) 직장 일을 통해 스스로 학습	1	2	1	2	3	4	5
(6) 직장 OJT 프로그램	1	2	1	2	3	4	5
(7) 직장내 TTF 등 특별과제팀 프로젝트*	1	2	1	2	3	4	5
(8) 직장에서 제공한 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5
(9) 직장에서 제공한 사외 교육훈련	1	2	1	2	3	4	5
(10) 관련 기업, 기관 등 연수	1	2	1	2	3	4	5
(11) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 사외 교육훈련 참여	1	2	1	2	3	4	5
(12) 직장이 제공하지 않았으나, 본인이 정규교육기관 이수	1	2	1	2	3	4	5
(13) 기타:							

* 특별과제팀 프로젝트는 일상적인 업무와 관련이 없는 팀별 특별과제 수행을 의미

3. 현재직장에 대한 추가적인 사항입니다.

3-1. 현재 귀하가 속한 회사의 주된 생산품은 무엇입니까?

3-2. 현재 귀하가 속한 회사의 전체 인력규모는 얼마나 됩니까?

3-3. 현재 귀하가 속한 사업장은 주로 무슨 일을 하시는 곳입니까?

예시: 소프트웨어개발, 하드웨어제조, 유통, SI업체, 기타(연구소)

3-4. 현재 귀하가 수행하는 업무 중 기술융합과 관련된 일이 있으십니까, 있으시다면 어떤 일이십니까? (가급적 세부적으로 기재)

예시: 디지털융합(IT + 통신), 의료와 IT 융합, 국방관련 IT 활용, 미디어와 IT 융합, 자동차와 IT 기술 융합

3-5. 현 직장의 급여가 이전 직장의 급여보다 좋아졌습니까? 예() 아니오()

4. 귀하의 기술역량 개발과 관련된 사항입니다.

4-1. 현재의 회사에서 귀하에게 요구하는 기술사항은 무엇입니까? (가급적 세부적으로 기재)

--

4-2. 회사가 요구하는 기술사항을 어떠한 경로로 익히실 수 있다고 생각하십니까?(우선순위를 두시어 1,2,3 순위까지 순위를 적어주십시오)

(1) 직장내 선배로부터의 학습	
(2) 직장내 동료로부터의 학습	
(3) 직장내 일을 통해 스스로 학습	
(4) 사내 OJT 프로그램	
(5) TFT 등 특별과제팀 프로젝트	
(6) 직장에서 제공한 정규교육기관 이수	
(7) 직장에서 제공한 사외 교육훈련	
(8) 직장이 제공하지 않으나, 본인이 사외 교육훈련 참여	
(9) 직장이 제공하지 않으나, 본인이 정규교육기관 이수	
(10) 관련 기업, 기관 등에서의 연수	
(11) 현 직장 밖의 사람(전 직장 동료, 친구 등)으로부터	
(12) 기타:	

<부록 2> 인터뷰 조사

1. IT 기반 의공학: IT와 BT의 융합사례

* 일시: 2007년 3월 20일

* 인터뷰: ICU 김대석 교수(ICU)

1) 융합연구의 수요

- 아직 산업수준 needs 미약
- 계기가 필요함: 관련 예산과 관련 인재가 갖추어져야 함

2) 융합연구 연구자 소양

- 융합연구에 필요한 인력은 융합연구에 관련된 기본적 소양을 보유하고 있는 자
- 학교교육은 기능적 교육을 지양해야 할 것임
- 융합연구에 관련된 기본적 소양: 21세기에는 물리, 화학만으로는 부족
생물학적인 소양이 중요시됨
근래) 생물학: 20C 관측-> 가설
21C 실험, 분석(분자, 생체, 생물)
- 21세기에 과학기술의 중심은 IT와 BT의 융합
- 이공계 부문 학부수준에서 기초공통과목으로 생물학이 포함되어야 함

3) 융합연구 촉진을 위한 관건

- 교육 및 연구 이후의 전망(vision)을 제시할 수 있어야 함
- 별도의 독립 사업을 추진하는 것보다 기존 ERC, NRL 등의 연구정책방향 유도가 적절.
- 융합연구 인력양성은 관련 연구과제에 대한 지원이 확대되면 자연스럽게 유도됨

cf. 미국의 전립선암 연구활성화 사례: 기존의 유방암 연구가 활성화 된 가운데, 상대적으로 전립선암 연구는 미진. 전립선암에 대한 연구 지원이 확대되면서 유방암 연구진도 전립선암 연구에 참여함으로써 전립선암 연구 발전

- 융합기술연구의 관건은 IP(지적재산)에 대한 문제임. 산업기술로 전환하는 과정에서 IPR(지적재산권)을 어떻게 나눌 것인가 하는 것임
- 미국 MIT Whitehead Institute는 컴퓨터, 임상과학, 기초과학에 강점을 가지는 한편, 정보차원에 한정하지 않고 새로운 연구 도출. Eric Rander (Genomeics 연구) 등 배출

4) IT기반 의공학의 발전

- IT기반 의공학의 발전은 기원은, 윤형로 교수(원주 연대의대)에 의한 원주 의공학 단지임. 근래 서울대 민병구교수도 주목의 대상
- 분야: bio-instrumentation: 의료 안전
medical imaging field: 물리학 응용부문
skin tissue engineering
- e-health: 의공학의 발달을 잘 보임
e-health는 임상, 생물 지식 없으면 불가능

5) 의공학 연구

- 개인 lab에서는 한계
- 장비 시설 등에서 partner 필요 혹은 기관차원의 h/w 처리.
engineer 간 협력
- 핵심적인 사항은 임상 연구자(의학부문)가 참여해야 하는 것임
- 기관간, 연구자간 협력에서 핵심문제는 지적재산에 대한 소유권 문제임
: 연구자, 임상자 모두 ownership 가질 수 있으며, 실질적인 기여에 따른 소유권이 분배되어야 할 것임. 이를 위해서는 임상연구자가 아닌 연구자도 임상계획서를 작성할 수 있는 수준이어야 함.

- 인터뷰 추천: KAIST bio-systems: 이도현(정재용)
제네틱스: 김재섭(bio background를 가짐)
ICU: 한영남 교수

4) 의공학 인력 양성

- 인간에 대한 관심과 생물학적 소양이 요구됨
IT지식 및 mechanics에 대한 지식만으로는 부족.
- 생물 생리, 유기화학 등이 기초가 됨
- 생물학을 이해하려면, 화학, 물리 등 기초과학이 또 필요
- 정보공학만으로는 한계를 가지며, 자연대 의대 등과의 연계 과정이 필요
- 체계적인 기초 학습이 학부수준에서 선행되어야 함
- 융합과목 개설시 이의 수강을 유인하기 위해서 학점을 더 인정해야 할 것임 (의공학을 전공하는 학생들이 통상 IT기반 지식에 가지는 한편, 생물학 관련 과목 기피하는 경향)
- 융합인력 양성을 위한 학교제도 개선을 위한 정부지원사업 필요
- 연대, 서울대, 인제대(의공학과) 참조할 만함

2. IT 네트워크에서의 핵심 구성요소로서의 암호와 양자물리학의 결합

* 일시: 2007년 3월 20일

* 인터뷰: ETRI 조현숙 그룹장

- 1) IT, BT, NT 등의 기술융합 구체적 추이분석 및 대응을 위해 관련 연구자 workshop 수행. 지속적인 상호교류로 대응연구 기획상 어려움 없음

2) 전문가 확보의 문제

- 필요인력 있다면, 국내외 구분없이 전문가 활용 도모
- ETRI 내부자의 재교육을 통해 전문가 양성

3) 학교교육에 대한 기대

- 기초교육 강화 필요, 학부 기초 강화
- 학부간 벽 해소(예시: 수학과와 자연대): 교육과정 모듈개발 및 전공별 요구학점 기준마련 필요
- 융합기술인력 양성은 대학원 수준에서 수행되는 것이 타당. 관련 연구 프로젝트 참여를 통해 융합기술인력으로 양성되는 것임
- 대학원과정에서 기초연구에 대한 최소 학점 확보 필요

4) 학제간 융합의 방식: 네트워크 암호와 양자이론

- 연구팀 구성: ETRI 내부 연구자 (4인) + 외부 연구자 (2인) + 양자이론 (2인: KAIST 물리학과 이해응 교수 포함)
- 공동학습: cyber 상으로 진행
- 유인동기: 상호 연구의 질 도약 도모

5) 융합연구 추진

- ETRI내 미래그룹 4인(그룹장 수준)이 각 해당 그룹내 가용 연구운용비 다 10억규모 수준이로서, 융합연구 추진을 위한 연구비 문제 없음
- open mind로서 세부 융합연구별로 잘 할 수 있는 분이 맡아서 진행하며, 운영상의 어려움도 없음
- 네트워크 암호와 양자이론간 융합연구 이외에 의료정보 관련 융합연구 추진

6) 대학과의 공동연구 관련

- open innovation 관점아래, 대학측 원천기술과 연구소측 원천기술을 정립하며 유기적 협력

7) 기업과의 협력: 산학연

- 기업에서 요구->기반마련-> 이후 산업체에서 대응(그러나, 산업체에서 원천기술을 개발하기는 한계)

<부록 3> 기술 융합 관련 연구에서 나타나는 용어해설

- 적응적 체계(Adaptive System): 내부적 압력 또는 환경의 영향에 적응하도록 상호작용하는 개체(entities)의 복합적 집합으로, 이 개체는 자신의 균형 상태를 유지하거나, 특정 방향으로 진화해나가려는 성향이 있다.
- 감정적 컴퓨터(Affective Computing): 인간의 감정에 반응하도록 컴퓨터나 로봇을 설계하고, 나아가 이들 스스로 감정적 특질을 가질 수 있게 될 수도 있다.
- 지원된 인지(Assisted Cognition): 인지의 차원에서 장애인이나 일반인의 감정적인 문제를 돕고자 한다. 현재는 정보-인지 융합에 기초하고 있지만, 미래에는 생물과 나노 기술의 지원을 받을 것으로 예상된다.
- 생명윤리(Bioethics): 생명 기술의 윤리적 문제를 체계적으로 고민하는 것으로서, 다른 기술의 윤리적 문제를 다루는 모델로도 간주된다.
- 생물학적 신호 형질 도입(Biological Signal Transduction): 통상 호르몬을 통해 살아 있는 세포에서 다른 세포로 영향이 미치는 과정이다.
- 생체모방(Biomimetic): 생성 방법이나 기능 면에서 생체를 모방하는 공학적 구조 또는 장치를 말한다.
- 생물공학기술(Bionic Technology): 인공 장치나 생물 센서를 포함하여 전자공학과 생물학을 결합하는 공학적 구조 또는 장치를 가리킨다.
- 생명기술(Biotechnology): 생물학과 관련 과학에 기반 하여 실용적 목적을 달성하기 위한 기술로서, 음식 조리나 와인 제조와 같은 과거의 기법부터 현대의 유전자 공학까지 포함한다.

- 상향식 접근(Bottom-Up Approach): 원자나 분자를 결합하여 나노 단위의 구조나 장치를 만들어내는 것으로서, 스캔 탐침 도구를 예로 들 수 있다.
- 경계작업(Boundary Work): 활동 영역을 결정하고, 차이가 나는 개념을 구분짓고, 대상을 사회문화적 맥락에 위치지우는 노력을 가리킨다.
- 성격 분리(Character Displacement): 종, 조직, 문화의 경쟁으로 인해 더욱 서로 다른 모습을 갖도록 하는 것으로서 경제적인 예로는 상품차별화가 있다.
- 복제(Cloning): 단일세포에서 기관을 만들어내는 다양한 생명기술 방법으로, 일반적으로 생각하는 인간 재생 복제보다 광범위한 의미를 갖는다.
- 공진화(Coevolution): 서로 다른 두 현상이 서로 영향을 미치며 동시에 발전하는 것으로서, 예를 들어 나노 기술의 발달이 사회적 영향력에 대한 연구와 동시에 진행되는 것도 포함된다.
- 인지약학(Cognitivecials): 두뇌 활동을 증진시키는 화학적 장치를 말한다.
- 인지(Cognition): 지각, 분석, 의사 결정이 이루어지는 마음의 과정으로서, 인간은 감정으로부터, 기계는 인간화된 프로그래밍으로부터 영향을 받는다.
- 인지유전(Cognome): 게놈과 동일한 의미로서 두뇌뿐만 아니라 문화에 존재하는 인간의 심리적 유전물을 의미한다.
- 보충물(Complementarity): 두 개 이상의 개체나 분석 도구가 부분 대체성을 가진 것으로서 특히 현상에 대한 완전한 설명을 위해서는 양립할 수 없는 두 이론이 모두 필요한 경우에 해당되기도 한다.

- 복잡성(Complexity): 매우 단순한 하나의 모델로 환원될 수 없는 큰 엔트로피를 지닌 시스템 또는 상호 연관된 부분품에서 나타나는 현상을 말한다.
- 구성(Configuration): 객체의 성격과 행동을 결정하는 상세하고 구체적인 구조로서 분자같은 것이 그 예이다.
- 보전(Conservation): 시스템에서 대칭적인 특성을 가진 잘 정의된 두 상태가 호환되거나 장시간에 걸쳐 안정적으로 유지하고자 하는 특성을 보이는 경향을 가리킨다.
- 통섭(Consilience): 자연과학을 하나의 통일된 지식으로 만드는 것을 의미한다.
- 융합(Convergence): 두 기술 영역이 진보적으로 비슷한 방법, 개념, 목표를 공유하는 것으로서, 그 결과는 두 영역의 합병이 될 것이다.
- 혼합(Creole): 보통 두 개 이상의 언어에서 어휘를 결합하는 것처럼, 여러 문화에 걸쳐 의사소통이 가능하도록 언어가 사용되는 것을 말한다.
- 임계지대(Critical Zone): 지구의 수계와 육지가 만나는 곳으로 육지가 통합됨으로써 인간이 거주하는 간극 지역이다.
- 문화 유전학(Cultural Genetics): 생물학적 유전학의 원리를 문화 상품의 연구, 관리, 창조에 적용하는 것이다.
- 사이버 인프라(Cyberinfrastructure): 다른 과학 프로젝트의 플랫폼으로서 작동하는 컴퓨팅과 통신설비에 대한 기본적인 투자를 가리킨다.

- 사이보그: 사이보그 기반(Cyborg: Cybernetic Organism): 생물 유기체와 공학 기계를 결합시키는 것으로, 인류의 능력을 기술적으로 증대시킬 수도 있다.
- 확산(Diffusion): 기술적인 아이디어나 문화적인 요소가 하나의 그룹, 장소, 활용에서 다른 곳으로 퍼지면서 옮겨 가는 것을 말한다.
- 디지털 아트(Digital Arts): 학제간 융합의 하나로서 시각 예술과 컴퓨터 과학의 결합을 가리킨다.
- EHS: 환경(Environmental), 보건(Health), 안전(Safety)부분에서 기술의 활용을 의미한다.
- ELSI: 기술 분과의 윤리적, 법적, 사회적 활용, 해당 연구분야의 정부 지원 부분(The Ethical, Legal, and Social Implications)을 의미한다.
- 공감 증대(Empathy Enhancement): 컴퓨터 이용 교육, 효과적인 컴퓨터 지원의 활용과 같이 기술적 방법을 통해 다른 인간의 필요성과 감정에 더 친숙하게 해주는 것을 말한다.
- 엔트로피(Entropy): 닫힌 열역학 체계에서 무질서나 불가능한 에너지를 측정하는 척도, 과학적 모델로 환원될 수 없는 복잡성과 메시지나 체계의 정보를 담고 있다.
- 후성규칙(Epigenetic Rules): 세포, 기관, 유기체의 발전을 지도하는 유전자로 코드화된 규제를 말한다.
- 진화(Evolution): 우연, 자연선택으로 특징되는 변화가 더 큰 복잡성으로

나아가는 현상, 상호작용을 통해 새로운 구성을 발전시키는 다양성을 활용한다.

- 탈적응(Exaptation): 하나의 기능을 하도록 진화한 특성이 다양한 기능을 하도록 변화하는 것이다.
- 유체공학(Fluidics): 전자공학과 유사한 공학 학문, 그러나 나노 단위까지 포함하여 유체의 움직임을 통제한다.
- 유전자변형음식(Frankenfoods): 유전자 변형 유기체로부터 만들어진 식품을 부르는 일반적인 이름, 특히 대중의 안전과 승인에 대한 고려가 없는 경우 주로 사용된다.
- 유전적 알고리즘(Genetic Algorithm): 진화 컴퓨팅에서 바이트 스트링을 문제 해결책으로 표현하고, 바이트 간의 재조합(crossover)이 통합된 재생산 시스템에서 경쟁하도록 하고, 각 스트링이 문제를 얼마나 잘 해결하는가에 따라 선택이 일어나도록 하는 기술이다.
- 유전공학(Genetic Engineering): 유기체의 유전자를 의도적으로 가공하는 것으로서, 예를 들어 농산물의 품질을 바꾸는 것, 유전자 절단, 선택과 돌연변이, 기타 방법 등의 절차가 사용된다.
- 유전적 개선(Genetic Enhancement): 인간 또는 다른 생명체의 능력을 개선하기 위해 유전자 치유 또는 유전자 공학을 활용하는 것을 가리킨다.
- 유전자 변형 유기체(GMO: Genetically Modified Organism): 유전자 공학의 산물이다.

- 거버넌스(Governance): 시스템의 원칙(parameter)을 세우고, 그 안에서 개인이나 제도 기관이 새로운 기술을 개발하도록 하고, 바람직한 결과를 달성할 수 있도록 자율 규제가 생기도록 하는 것을 의미한다.
- GPS(Global Positioning System): 높은 정확도로 지구상에서의 위치를 측정하기 위해 궤도 위성과의 통신과 컴퓨터를 사용하는 항법 기술을 말한다.
- 인류 개선(Human Enhancement): 자연적으로 존재하지 않거나 일반적인 수준을 넘어서는 능력을 부여하기 위해 기술적 조작이나 부속물을 사용하는 것이다.
- 정보공학(Informatics): 생명정보공학이나 나노정보공학과 같은 특정 분야에서 정보처리 과학이나 공학을 가리킨다.
- 정보(Information): 인류에게 잠재적으로 의미가 있는 데이터, 무작위와는 구별되는 패턴이 있으며, 더 넓은 맥락에서 의사 결정을 내리는 지침으로 사용된다는 의미에서는 지식으로도 사용된다.
- 정보과학(Information Science): 컴퓨터 과학과 동의어로 취급되지만, 더 넓은 범주에서 수학의 정보 이론, 컴퓨터 과학, 도서관학, 인류 문화의 구조와 동학에 관한 다학문 연구까지 포함한다.
- 정보기술(Information Technology): 인간의 조정아래 자동으로 정보를 수집, 저장, 배포, 분석하는 컴퓨터와 통신 소프트웨어, 하드웨어, 네트워크
- 상호작용(Interaction): 시스템의 요소 사이 상호 작용하는 것, 높은 수준의 동학이나 새로운 현상을 만들어내기도 한다.

- 상호작용 전문기술(Interactional Expertise): 한 과학자의 정보를 다른 과학자에게 전달하는 데 필요한 기술과 경험, 특히 상이한 분야에 두드러지게 존재하는 문화적 장벽을 허무는 역할을 한다.
- 학제간(Interdisciplinary): 두 개 이상의 학제에서 사용하는 원칙을 통합 시킨영역을 말한다.
- 이온 채널(Ion Channels): 세포막의 단백질로서 살아있는 세포의 세포막을 통과하는 충전된 이온의 전달을 가능하게 한다.
- 기계 학습(Machine Learning): 특정 종류의 데이터의 모델을 개발하기 위해 회고적 또는 진행적 방법을 사용하는 인공지능의 컴퓨터와 통계방법을 말한다.
- 메카트로닉스(Mechatronics): 이성적 제품, 시스템, 과정의 설계에서 정확한 기계적 공학, 전자공학, 통제 이론, 컴퓨터 공학을 통합하려는 공학적 설계 철학을 가리킨다.
- 도량형학(Metrology): 계측에 관한 과학, 예를 들어 나노단위 구조를 묘사하고 차원을 정확하게 결정하는 데 필요한 도구와 이론을 다루는 학문이다.
- 다학문(Multidisciplinary): 두 개 이상의 서로 다른 분야 전문가들이 협력하는 행위를 말한다.
- 나노 지리과학(Nanogeoscience): 나노단위 현상과 나노 기술의 관계에서 지구, 수계와 대기, 비생명체의 과학을 의미한다.

- 나노단위(Nanoscale): 대략 1나노미터에서 100나노미터까지, 생물학적 기본 구조의 형성, 특성을 보여주는 합성물, 다른 물리적 현상에서 발견될 수 있는 기본단위를 가리킨다.
- 나노과학(Nanoscience): 나노단위에서 물질의 고유한 성질을 연구하는 학문으로서, 물리학, 재료과학, 분자합성화학, 기타 관련 학문이 연관된 다학제 학문을 말한다.
- 나노기술(Nanotechnology): 분자 단위, 원자 단위에서 조정할 수 있는 능력, 새로운 구조, 물질, 기계를 만들어 낼 수 있다.
- NBIC: 최근에 융합되는 4가지 영역, 나노(Nano)-생명(Bio)-정보(Info)-인지(Cognitive) 과학기술을 의미한다.
- NELSI: 나노 기술의 윤리, 법, 사회적 함의(Nanotechnology's Ethical, Legal, and Social Implications)를 의미한다.
- 네트워크 분석(Network Analysis): 사람 사이의 사회적 관계와 같이 네트워크 상의 노드간의 관계를 묘사하는 그래픽 또는 통계분석을 가리킨다.
- 뉴로윤리학(Neuroethics): 분위기 고조 및 능력 확대 치료 처럼 인간의 신경계를 변화시킴으로써 발생하는 문제에대한 철학적, 실용적 원칙에 대한 학문이다.
- 뉴로모픽(Neuromorphic): 전자 회로, 다른 분야의 경우 유체 시스템이 뉴런의 기능과 구조를 모사함으로써 디지털 뉴런 네트워크나 기타 다양한 종류의 복잡한 아날로그 회로를 만들어내는 것을 말한다.

- 뉴로기술(Neurotechnology): 인간의 신경계 기능을 향상시키거나 보충하기 위한 공학적 방법을 의미한다.
- 다분야전문가(Nexialist): 경계 분야에 있는 과학에 능통하여, 체계적으로 두 개 이상의 영역에서 지식을 결합시킬 수 있는 사람으로서, 전문가의 반대말이라고 할 수 있다.
- 비지리적 정부(Nonspatial Government): 농경 사회 이래 인간사에서 나타난 지리적 거주와 토지에 대한 집합적 지배권에 기초한 체계와 반대로 새로운 정보 기술의 발달로 나타난 새로운 복종과 권위의 체계를 말한다.
- 이상 탐지(Novelty Detection): 시계열 자료에서 비정상치를 찾아내는 것.
- 특허풀(Patent Pool): 두 개 이상의 특허권 소유자가 특허를 라이선스 형태의 패키지로 묶어서 제공하는 계약을 나타낸다.
- 특허 덩불(Patent Thicket): 상이한 기업이 소유하고 있는 중복된 지적재산권의 복잡한 그물망이 기술 진화에 걸림돌이 된다는 것을 의미한다.
- 인성 확인(Personality Capture): 정보 시스템 내에서 인간의 성격을 따라하거나, 분석하여 처리하는 과정을 가리킨다.
- 광범위 컴퓨팅(Pervasive Computing): 유비쿼터스 컴퓨팅의 유럽식 표현이다.
- 사전경보 원칙(Precautionary Principle): 알지 못하거나 불공정한 위협에 대한 두려움으로 인해 새로운 기술을 채택하는 데 깊어져야 하는 증명의 원칙을 말한다.

- 단백질체학(Proteomics): 유전자학과 비슷하며 이를 확장시킨 것으로, 단백질의 구조, 기능, 조직을 연구하는 학문이다.
- 추천 시스템(Recommender System): 온라인 비즈니스에서 널리 사용되기 시작한 인지 기술로, 과거의 행동이나 선호, 또는 다른 소비자의 행동이나 선호에 기반하여 소비조언을 하는 것을 말한다.
- 의미 구조(Semantic Architecture): 문화, 업무, 정보 처리 과정에서 연관된 의미의 구조를 가리킨다.
- 의미 체계(Semantic System): 의미있는 관계로 연결된 개념 집합이다.
- 감각 대체(Sensory Substitution): 감각적 불능이나 과도한 감각의 문제를 극복하기 위해 정보 입력 도구로서 인간의 감각을 사용하는 것을 말한다.
- 서비스 과학(Services Science): 정보 서비스를 포함하여 서비스 산업을 관리하기 위한 방법의 체계적인 연구와 개선을 의미한다.
- 신호 통합(Signal Integration): 뉴로 생물학, 인지 과학, 정보 과학에서 둘 이상의 발원지에서 발생하는 정보의 처리를 통합하는 것이다.
- 사회생물학(Sociobiology): 동물과 인간의 행동을 유전자와 진화적 관점에서 연구하는 학문, 유전자와 행동의 상호작용이 진화적 적응도를 결정한다.
- 의미론(Systematics): 특히 시스템의 부분 간의 관계를 묘사하기 위해, 시스템의 행동을 묘사하는 기술적 언어, 모델, 이론의 발달을 의미한다.
- 기술 이전(Technology Transfer): 기술 아이디어, 장비, 한 영역에서 쓰던 것을 다른 영역에서 사용하게 되는 새로운 물질의 확장을 의미한다.

- 기술 정치(Technopolitics): 새로운 기술에 대한 공공 정책을 둘러싼 정치 토론의 영역을 말한다.
- 하향식 접근(Top-Down Approach): 대형 기술을 소형화하여 나노단위의 구조와 장비를 만들어 내는 것, 예를 들어 사진 석판 기술을 들 수 있다.
- 교환지대(Trading Zone): 은유적인 공간으로서, 공유된 가정과 어휘로 구성되어 있으며, 상이한 분야의 전문가가 한데 모여 의사소통하고 협력하는 공간을 가리킨다.
- 트랜스휴머니즘(Transhumanism): 융합주의와 비슷하지만 동일하지는 않은 윤리적 입장이다. 진보된 기술을 사용하여 모든 인류는 스스로를 개선시킬 권리가 있다고 강조한다.
- 경쟁역량(Transilience): 기술에서 과거 기술을 폐기시키고 혁명적인 도약을 하게되는 경우, 기술의 융합이 발생하며, 생산자와 소비자 간에 해로운 관계가 나타난다.
- 두 문화(Two Cultures): C.P. Snow의 이론으로 현대 사회에서 과학과 인문학이 무지와 오해의 강으로 나누어져 있는 별개의 문화라는 주장이다.
- 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing): 정보 기술이 어디에나 존재한다는 최신 현상을 가리키는 것으로서, 정보 기술이 다양한 장비에 내장되어 있어 이동성이 높고, 네트워크로 연결이 되어 있으며, 인간 생활의 모든 측면에서 나타나고 있다는 것을 말한다.

참고문헌

- 김인수(2001). 『모방에서 혁신으로』, 임윤철·이호선 역, 시그마인사이트
- 김준모 외(2007). 『융합연구 활성화를 위한 교육혁신 및 제도적 개선방안에 관한 연구』, 국가과학기술자문회의.
- 김창경(2006). 『지식혁명 시대를 선도할 기술융합형 인력양성체계 구축방안』, 국가기술자문회의.
- 김철진(2007). 『산업경쟁력 향상을 위한 이공계 인력 육성』, 제 11회 HRD-R&D 포럼, 교육인적자원부-전국경제인연합회-한국직업능력개발원.
- 김현철(2005). 『국가연구개발사업의 주요 융합기술별 조사 연구』, 한국과학기술평가원.
- 류지성(2006). 『산업수요에 부응하는 이공계 대학교육혁신 방안』, 과학기술 경쟁력 강화를 위한 인재양성종합토론회, 과학기술부.
- 배영찬(2007). 『대학 측에서 보는 공학교육 발전방안』, 제 12회 HRD-R&D 포럼. 교육인적자원부-전국경제인연합회-한국직업능력개발원.
- 손병호 외(2006). 『주요국의 중장기 과학기술계획 분석 및 시사점-미국, 일본, EU 및 중국을 중심으로』, 한국과학기술기획평가원.
- 송위진 외(2005). 『탈추격형 기술혁신체제의 모색』, 과학기술정책연구원.
- 유경만(2006). 『융합기술분야 연구개발 활성화를 위한 정책제언』, 한국과학기술기획평가원.
- 이공래·황정태(2005). 『다분야 기술융합의 혁신시스템 특성 분석』, 과학기술정책연구원.
- 이동진(2005). 『이공계 대학 융합형 소양교육 지원』, 나라경제.
- 조황희(2005). 『Innovation Korea 및 대학연구 활성화』, 과학기술정책연구원.
- 최영섭 외(2006). 『산업별 인적자원개발협의체 관련 연구: 철강, 섬유, 기계, e-비즈』, 산업자원부.
- 한국과학기술기획평가원(2007). 『신약개발을 위한 융합기술인력 양성 방안 연구』, 국가과학기술자문회의.

- Atkins, Daniel E.(2006). *University Futures and New Technologies: Possibilities and Issues*, OECD/CERI.
- Bainbridge, W. S. and Roco, M. C.(eds.)(2006). *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, Berlin: Springer.
- Bainbridge, W. S.(2006). *God from the Machine: Artificial Intelligence Models of Religious Cognition*, Lanham, Maryland: AltaMira.
- Bainbridge, W. S.(eds.)(2004). *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, Great Barrington, Massachusetts: Berkshire.
- Balconi, M., Pozzali, A. and Viale, R.(2007). “The ‘Codification Debate’ Revisited: a Conceptual Framework to Analyze the Role of Tacit Knowledge in Economics”, *Industrial and Corporate Change*.
- Barrow, J. D.(1998). *Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits*, Oxford, England: Oxford University Press.
- Bell, D.(1974). *The Coming of Post-Industrial Society: A Venture in Social Forecasting*, London: Heinemann.
- Bibel, W. Andler, D. O. da Costa, G. Koppers, and Pearson, I. D.(2004). “Converging Technologies. and the Natural, Social and Cultural World”, Special Interest Group Report, European Commission.
- Braverman, H.(1974[1998]). *Labor and Monopoly Capital: The Degradation of Work in the Twentieth Century*, New York: Monthly Review Press.
- Canton, J.(2005). *NBIC Convergent Technologies and The Innovation Economy: Challenges and Opportunities for the 21st Century*, National Science Foundation.
- Chesbrough, H. W.(2003). *Open Innovation*, Harvard Business School Press: Boston.
- Cowan et al.(2000). *The Explicit Economics of Knowledge Codification and*

Tacitness, England: Oxford University Press.

- Damasio, A. R., Harrington, A., Kagan, J., McEwen, B. S., Moss, H. and Shaikh, R.(eds.)(2001). *Unity of Knowledge: The Convergence of Natural and Human Science*, New York: Annals of the New York Academy of Sciences.
- Dennett, D. C.(1995). *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*, New York: Simon and Schuster.
- De Man, Hugo(2004). *Converging Technologies for a Sustainable 21st Century*.
- Fukuyama, F.(2002). *Our Posthuman Future: Consequences of the Biotechnology Revolution*, New York: Farrar, Straus, and Giroux.
- GAO(2006). "Higher Education-Science, Technology, Engineering, and Mathematics Trends and the Role of Federal Programs", GAO.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott P. and Trow, M.(1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London: SAGE.
- Gilbert, N. and Troitsch, Klaus B.(2005). *Simulation for the Social Scientist*, Maidenhead, Berkshire, England: Open University Press.
- Gorman, M. E. and Groves, J.(2005), "Collaboration on Convergence Technologies: Education and Practice", in Bainbridge, W. S. and Roco, M. C.(eds.), *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, National Science Foundation.
- Gray, D. O. and Walters, S. G.(eds.)(1998). *Managing the Industry/University Cooperative Research Center: A Guide for Directors and Other Stakeholders*, Columbus, Ohio: Battelle.
- Griliches, Z.(1969). "Capital-skill complementarity", *Review of Economics and Statistics*, 51(4): 465-68.

- Horgan, J.(1996). *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*, Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.
- Hughes, James H.(2004). *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future*, Cambridge, Massachusetts: Westview Press.
- Hwang, G.(2001). *Diffusion of ICT and Changes in Skills: An Empirical Study for the 1980s in Britain*, D.Phil. thesis at University of Sussex.
- Meyyappan, M. and Dastoor, M.(eds.)(2006). *Nanotechnology in Space Exploration*, Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office.
- Michelson, E. S.(2005). "Measuring the Merger: Examining the Onset of Converging Technologies", in *Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technologies in Society*, edited by W. S. Bainbridge, and M. C. Roco, National Science Foundation.
- Nanotechnology Research Institute(2005). "Europe Exploring Human Resource Development Initiatives in Nanoscience and Technology".
- Nanoscale Center for Learning and Teaching(2007). "NCLT Vision and Mission Presentation Slides".
- Nelson, R. R. and Phelps, E. D. S.(1965). "Investment in Human, Technological Diffusion, and Economic Growth", *American Economic Review*, Paper & Proceedings, 54: 69-75.
- Nordmann, A.(2004). "Converging Technologies-Shaping the Future of European Societies", Report, High Level Expert Group "Foresighting the New Technology Wave".
- OECD(2004). "Innovation in the Knowledge Economy", Discussion Paper, Center for Educational Research and Innovation.

- Physorg(2004). “NSF Funds First Nanoscale Center for Learning and Teaching”.
- Postek, M. T. and Hocken, R. J.(eds.)(2006). *Instrumentation and Metrology for Nanotechnology*, Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office.
- PREST(2006). *Evaluation of the United Kingdom Foresight Programme*, Manchester Business School, University of Manchester.
- Rafols and Meyer, M.(2006). Knowledge-sourcing Strategies for Cross-disciplinarity in Bionanotechnology, University of Sussex.
- Roco, M. C.(2002). “Coherence and Divergence of Megatrends in Science and Engineering”, *Journal of Nanoparticle Research*, 4, 9.19.
- _____ (2005). “The Emergence and Policy Implications of Converging New Technologies Integrated from the Nanoscale”, *Journal of Nanoparticle Research*, 7(2), 129.43.
- _____ (2006). “Progress in Governance of Converging Technologies Integrated for the Nanoscale”, *Annals New York Academy of Science*, 1093, 1.23.
- Roco, M. C., Williams, R. S. and Alivisatos, P.(eds.)(2000). *Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer(<http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Research.Directions>).
- Roco, M. C. and Bainbridge, W. S.(eds.)(2001). *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer (<http://www.wtec.org/loyola/nano/societalimpact/nanosi.pdf>).
- _____ (2006). *Nanotechnology: Societal Implications – Maximizing Benefit for Humanity*, Berlin: Springer (http://www.nano.gov/nmi_societal_implications.pdf).
- Roco, M. C. and Bainbridge, W. S.(2002). *Converging Technologies for Improving Human Performance – Nanotechnology, Biotechnology,*

Information Technology and Cognitive Science, National Science Foundation.

Roco, M. C., and Bainbridge, W. S.(2002). "Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology, and Cognitive Science", Discussion paper, National Science Foundation.

Roco, M. C. and Montemagno, C. D.(eds.)(2004). *The Coevolution of Human Potential and Converging Technologies*, New York: New York Academy of Sciences(Annals of the New York Academy of Sciences, volume 1013).

Siegel, R. W., Hu, E. and Roco, M. C.(eds.)(1999). *Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study*, Dordrecht, Netherlands: Kluwer(<http://www.wtec.org/loyola/pdf/nano.pdf>).

Simon, H. A.(1996). *The Sciences of the Artificial*, Third Edition, Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Silbergliitt, R., Anton, P. S., Howell, D. R. and Wong, A.(2004). *The Global Technology Revolution 2020, In Depth Analyses*, RAND.

Stephen J. Andriole(2006). *Business Technology Education in the Early 21ST Century: The Ongoing Quest for Relevance*, Villanova University, USA.

Szulanski, G.(1996). "Exploring Internal Stickiness: Impediments to the Transfer of Best Practice Within the Firm", *Strategic Management Journal*, 17(Special Issue: Knowledge and the Firm), pp. 27-43.

Vogel, V. and Baird, B.(eds.)(2005). *Nanobiotechnology*, Arlington, Virginia: National Nanotechnology Coordination Office.

Wheeler, J. A.(1994). *At Home in the Universe*, Woodbury, New York: American Institute of Physics.

Wilson, E. O.(1998). *Consilience: The Unity of Knowledge*, New York:

Knopf(국역: 장대익, 최재천 역, 『통섭-지식의 대통합』, 사이언스 북스).
日本政府(2006), 科学技術基本計画.

고려대학교 서창캠퍼스 디스플레이·반도체 물리학과 학과 홈페이지

(<http://aphy.korea.ac.kr>)

고려대학교 서창캠퍼스 홈페이지(<http://seochang.korea.ac.kr>)

성균관대 정보통신공학부 반도체시스템공학전공 홈페이지

(<http://admission.ssenet.org>)

성균관대학교 정보통신공학부 홈페이지

(<http://icc.skku.ac.kr/icc/main.do>)

성균관대학교 휴대폰학과 홈페이지(<http://mobilis.skku.ac.kr>)

원광대학교 반도체·광 디스플레이 학부 홈페이지

(<http://comphys.wonkwang.ac.kr>)

원광대학교 홈페이지(<http://www.wonkwang.ac.kr>)

지방대학 혁신역량 강화사업 홈페이지(<http://www.krf.or.kr/nuriApp>)

한이음 홈페이지(<http://www.hanium.or.kr>)

한국과학기술원 바이오 및 뇌공학과 홈페이지

(http://biosys.kaist.ac.kr/content.php?db=menu1_1)

KAIST 반도체공학 프로그램 홈페이지(<http://kepsi.kaist.ac.kr>)

KAIST 삼성반도체교육 프로그램 홈페이지(<http://epss.kaist.ac.kr>)

KAIST 홈페이지(<http://www.kaist.ac.kr>)

NANONET 홈페이지 (<http://www.nanonet.go.jp/english>)

동아일보 2007년 6월 28일자.

▣ 저자 약력

· 황규희

- 한국직업능력개발원 부연구위원

· 박 동

- 한국직업능력개발원 부연구위원

· 홍선이

- 한국직업능력개발원 전문연구원

융합기술 확산과 인력개발전략 기초연구

· 발행연월일	2007년 11월 29일 인쇄 2007년 11월 30일 발행
· 발행인	이 원 덕
· 발행처	한국직업능력개발원 135-949, 서울특별시 강남구 청담2동 15-1 홈페이지: http://www.krivet.re.kr 전화: (02)3485-5000, 5100 팩 스: (02)3485-5200
· 인쇄처	(주)범신사 (02)720-9786
· 등록일자	1998년 6월 11일
· 등록번호	제16-1681호
· I S B N	978-89-8436-967-2 93370

©한국직업능력개발원

< 정가 6,000원 >