

과학과 공학 : 하나의 연속체¹⁾

에릭 블록(Erich Bloch)²⁾

과학, 공학, 기술의 관계가 얼마나 복잡한지, 특히 과학이 공학 발전에 상당히 의존한다는 사실을 과학자들이 잘 이해하지 못하고 있으며, 심지어 대부분의 공학자들도 잘 모른다. 과학, 공학, 기술은 각각의 관점 및 역학을 갖는 서로 다른 세 활동 분야이지만, 사실 이들은 하나의 시스템으로 이해되어야 한다. 각 분야에서의 발전은 다른 분야의 발전에 기여하기도 하고, 또한 의존하기도 한다.

먼저 이 세 활동 분야의 근본적인 차이를 생각해보자.

- 과학에 대한 정의는 여러 가지가 있지만, 여기서는 간단한 정의를 사용하도록 하겠다. **과학은 현상을 탐구하는 과정이다.** 이 과정을 통해서 이론, 개념, 방법, 및 결과들로 이루어진 지식의 총체에 도달하게 된다.

- **공학은 문제의 해결방안을 탐구하는 과정이다.** 이 과정을 통해서 개념, 방법, 데이터베이스, 그리고 많은 경우에

는 발명, 설계, 제품화과 같은 결과의 물리적 표현 등으로 이루어진 지식의 총체에 도달하게 된다.

- **기술 혁신은 새로운 또는 개량된 제품 및 서비스를 더욱 효과적으로 제작, 전달하는 과정이다.** 이 과정도 새로운 개념, 방법 및 데이터의 총체에 도달하게 된다.

어떤 과학자들은 그들의 연구에서 비롯되는 발견들이 공학과 기술을 촉진시킨다고 생각한다. 이것은 많은 경우에는 맞지만, 반대로 공학과 기술 분야의 발전이 과학을 촉진시키는 경우도 많다. 발전이 과학에서 공학을 거쳐서 기술로 이어지는 “직선적” 개념 모델은 세 분야의 복잡한 상호 작용을 묘사하는데 있어서 너무 간단할 뿐만 아니라, 근본적으로 틀리다. 오히려 우리는 과학, 공학, 기술이 삼극을 이루는 삼각형 모델을 생각해 봐야 한다. 이 모델에서 모든 극이 양방향 벡터로 연결되어 있으며, 벡터는 극간의 상호 작용을 표현한다.

가끔 접근 방식 및 관점의 차이 때문

1) 본고는 National Research Council, "The New Engineering Research Centers : Purposes, Goals, and Expectations", National Academic Press, 1986에서 번역·전제한 것임.

2) 번역 : 김우준(서울대 전자공학과), 이병기(서울대 전자공학과).

에 한 분야에 종사하고 있는 사람들이 다른 두 분야에서 종사하고 있는 사람들의 일을 제대로 이해, 존중하지 못하게 될 수 있고, 또한 그들 자신의 일이 얼마나 다른 두 분야 사람들의 일에 의존하는지를 인식하지 못하게 되는 경우도 있다. 바로 이 이해, 접근 방식 및 언어상의 틈은 스노우(C.P.Snow)가 사반세기 전에 얘기했던 문학과 기술 문화간의 차이만큼이나 넓은 것처럼 보일 때도 종종 있다.

좀 포괄적으로 말하자면, 과학자들은 현상을 이해하고자 하며, 이를 개념, 이론 및 예측으로 표현한다. 그들은 우주의 자연 및 사회 현상에 매혹되어 있다. 그들은 각 첨단 과학 분야의 경계선을 계속 확장하여, 그들의 관심을 끄는 우주의 부분들을 관측, 분류, 기술 및 서로 관련시킬 수 있는 새로운 방법을 찾는다. 이러한 행위는 명백히 지적이고 창의적인 활동이다.

공학자들은 새로운 물건을 설계, 발명, 형성하고, 새로운 과정을 만들고, 또 개념들을 관련시켜서 특정한 문제를 풀거나 또는 어떤 종류의 문제들의 바탕을 이루는 원리들을 찾고자 한다. 과학자들은 다루어야 하는 현상들을 이해하고자 하며, 그들의 일을 뒷받침할 수 있는 개념 및 이론을 개발하고자 한다. 이러한 행위도 과학 연구와 똑같이 창의적인 활동이다.

더욱이, 근본적인 공학적 문제들의 존재 및 연구를 통한 그들의 해결방안을 모색하고 있다는 사실은 공학이 응용과학에 지나지 않는다는 일반적인 생각이 틀렸다는 것을 시사한다. 공학자들이 다루는 어떤 주제들은 기초 과학의 주제가

과학자들에게 근본적인 만큼이나 그 분야에 있어서는 근본적이다. 예를 들어, 설계 이론의 기본 원리에 대한 연구, 또는 새로운 물질을 어떻게 만들 것이며 생산에 어떻게 사용할 것인지, 또는 생물학적 과정들을 어떻게 확장시킬 수 있는지 등은 모두 아주 근본적인 문제들이다.

흔히 훈련된 기술자 또는 과학자인 기술 개발자(물론 가끔 특별히 체계적인 훈련을 받지 못한 사람들도 있지만)들은 아이디어 또는 설계를 많은 사람들이 사용할 수 있는 제품 또는 서비스로 바꾼다. 그들은 기본적으로 돈, 시간, 생산 능력 및 유능한 사람들을 이용해서 이 변화를 이룬다. 여기서 사용된 설계, 모델 또는 아이디어들은 기술 개발자들에 의해 다른 아이디어와 결합되기 전에 상당 기간동안 있었을지도 모르며, 또 연구할 때와는 달리 개발 과정에서는 생산 가격, 잠재적 시장, 규제 사항 등이 훨씬 더 중요하게 여겨지는 경우가 많다.

이 접근 방식에서의 차이들을 제대로 이해하는 과학자는 공학 또는 기술 혁신

세 활동 분야의 근본적인 차이는 과학의 현상을 탐구하는 과정이다 공학은 문제의 해결방안을 탐구하는 과정이다. 기술혁신은 새로운 또는 개량된 제품 및 서비스를 더욱 효과적으로 제작, 전달하는 과정이다

을 알보지 않을 것이며, 그리고 연구 공학자 또는 생산 공학자도 좋은 과학 연구는 나름대로의 역학을 따른다는 것을 이해하게 될 것이다.

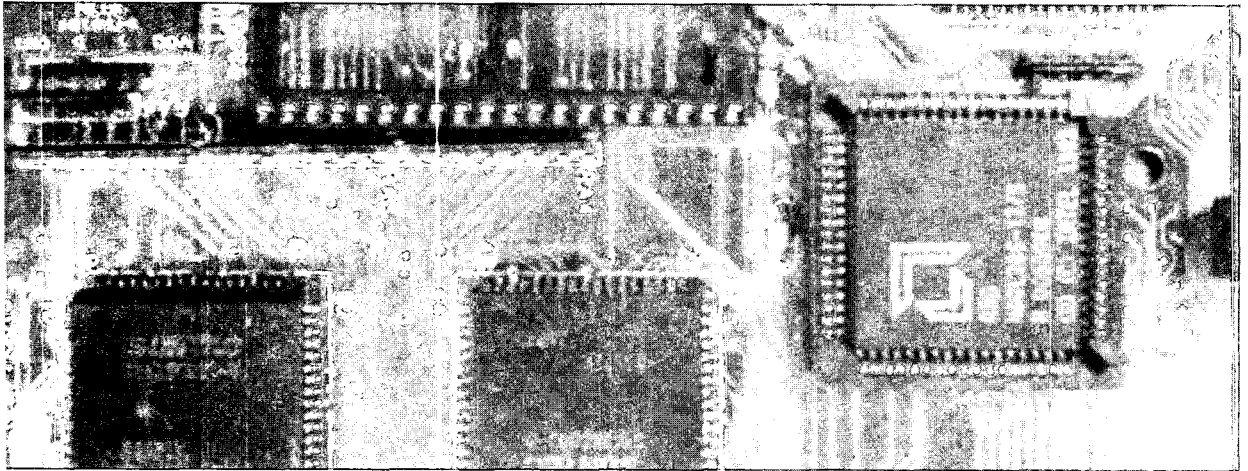
“연속체의 예”

세 분야 간의 아이디어 흐름에 대한 가장 잘 알려진 예들은 과학 연구가 기술적 발전에 선행하여 기술 발전을 촉진시키는 고전적인 것들이다. 좋은 예는 타운스(Townes)와 쇼로(Schawlow)에 의한 메이저와 레이저의 발명이다. 이

들은 새로운 원리 또는 이론으로 이어졌으며, 때때로 완전히 새로운 과학 분야를 개척하기도 했다.

이제는 많은 특수한 기구들이 첨단 연구에 필수적이다. 우리 모두 레이저, 컴퓨터 등이 실험실에 얼마나 흔해졌는지도 잘 알고 있다. 그러나 공학 및 기술이 과학을 촉진시키는 경우는 일반적으로 생각되는 것보다 많다. 그 예들은 과거로부터 바로 현재까지 찾을 수 있다.

가장 잘 알려진 역사적인 사례들은 전자공학, 광학 및 기계공학에서 찾을 수 있다. 예를 들어, 볼타(Volta)가 전지를



방향의 아이디어 흐름이 일반적으로 받아들여지는 모델이다.

공학과 기술이 과학을 촉진시키는 방법은 크게 두 가지가 있다. 첫째, 새로운 기구의 개발은 새로운 분야의 연구가 가능하도록 했으며, 과학자에게 더욱 더 강력한 형태의 관측 및 분석의 기법을 제공했다. 둘째, 과학 연구의 도움 없이 발명된 유용한 발명품들이 많았는데 이

발명한지 40년이 지난 후에야 파라데이(Faraday)가 비로소 그 작동 원리를 설명할 수 있었다. 물리학자 및 화학자들이 사진기의 근본적인 원리를 이해하기 수 십 년 전에 이미 미술가, 장인, 그리고 여러 종류의 아마추어들은 사진기의 기술은 이미 알고 있었다. 1850년대에 있었던 염료에 대한 퍼킨(Perkin)의 연구는 조미료 및 약품 제조에 대한 실험

으로 이어졌으며, 이들은 또 다시 페놀 및 알데히드에 대한 화학 이론으로 이어졌다.

현대 물리, 화학, 생물은 이러한 배경에서 탄생했다. 그러나 우리는 공학자 및 기술 개발자들의 실험이 과학의 발전을 촉진시킨다는 것을 알아내기 위해서 그리 먼 과거를 검토할 필요가 없다. 많은 분야에서 현대의 예를 쉽게 찾을 수 있다.

전산과학 분야는 컴퓨터를 만들려는 기술자 및 공학자들의 노력에서 비롯된 것일 뿐만 아니라, 아직도 그들에게 많이 의존하고 있으며, 또 따지고 보면 프로그램 및 기법을 취미로 개발하는 수 천 명의 아마추어들의 많은 도움을 받는다. 컴퓨터와 관련된 획기적 기술적 발전이 과학을 자극한 경우가 두 번 있었다. 첫번째는 2차 세계 대전시 미국 및 영국에서 독일의 군사 비밀 암호를 해독하려는 노력 및 원자폭탄 개발에 필요한 복잡한 계산을 수행할 수 있는 방식을 찾아내는 데에서 비롯되었다. 두번째는 초집적회로로의 혁신적인 이전에서 비롯되었다. 이때 축소화 및 관련 생산 과정들이 도입되고 박막 내의 금속 활동, 실리콘, 폴리머 및 금속의 표면 상호 작용 등이 중요해지면서 미세한 세계에서 어떤 현상이 일어나고 있는지에 대한 질문들이 관심을 끌었다. 이들 분야에 대한 연구는 새로운 과학적 통찰, 이론 및 발견으로 이어졌다.

현대의 정보 시대는 클로드 샤논(Claude Shannon)이 1948년에 통신 시스템에 대한 일반적인 수학 이론을 제시한 두 개의 논문을 발표함으로써 시작되었다. 이 연구는 그와 벨 연구소(Bell

Laboratories) 동료들이 전화선 통신 채널 상의 잡음을 추적하여 제어하려는 시도에서 비롯되었다. 샤논은 수학 박사학위를 가진 전기공학자로서 매우 실용적인 문제를 해결하기 위해 양분야에 대한 지식을 이용하기도 하고, 또한 각 분야의 발전에 기여하기도 했다. 그후, 수학, 전산과학, 정보과학, 전기 및 컴퓨터 공학, 그리고 여타 분야의 연구원들은 그의 연구에 바탕을 두어 연구해 나갔다. 클로드 샤논은 벨 연구소에서 오랫동안 근무하고, 1972년에 퇴직했다. 그는 MIT에서 객원 교수를 지내기도 했고, 1966년에 수상한 IEEE의 명예 훈장(Medal of Honor)을 비롯해서 많은 상을 받았다. 비록 늦었지만 미국 공학원(National Academy of Engineering)이 1984년에 그를 회원으로 받아들여 그의 연구업적을 인정했다는 것을 매우 기쁘게 생각한다.

다른 많은 연구 분야에서 찾을 수 있는 현대의 예들 중에서는, 최근까지 그 배경을 이루는 과학에 대한 별 이해 없이 많은 과정에서 사용되어 왔던 촉매, 그리고 신경생물학자들이 트랜스미터, 리셉터, 및 블럭커에 대한 현대적 이해에 도달하기도 전에 이미 경우에 따라서는 수년동안 사용되어 온 약품들을 지적하고 싶다.

그러면 다시 나의 주장을 말하자면 다음과 같다. 과학, 공학, 기술은 하나의 연속체로 생각할 수 있으며, 아이디어, 기술 그리고 가장 중요한 사람마저 한 점에서 다른 점으로 모든 방향으로 끊임 없이 움직이고 있다.