컴퓨터 과학이 여는 세계

027.013 Computational Civilization

과제 1 - 400년의 축적 및 튜링기계

경영대학 경영학과
2007- 권오수

Exercise 1 [50pts] "400년의 축적“

컴퓨터의 역사, 혁신은 수많은 씨줄과 날줄의 엮임이다

1. 서론

밤 10시, 이미 해가 진 지 오래지만 서울의 밤은 밝다. 이 시간까지 도심 빌딩 숲 사이의 사무실에서 일하는 수많은 사람들, 전화로 지구 건너편에 있는 사람들과 함께 진행하고 있는 프로젝트에 대해 논의한다. 그리고는 다음 주에 있을 현지 방문 일정에 대해 조율한다. 아마 다음 주 이 시간이면 그들은 지구 건너편 어느 나라에서 진행한 업무 내용을 정리하여 실시간으로 이 곳 서울로 보내올 것이다.

우리는 그리 오래되지 않은 과거의 사람들조차 상상하지 못했던 과학 기술의 혜택을 받으며 살아간다. 밤 10시가 넘어서도 걱정 없이 일할 수 있는 것은 전구와 전기 때문이며, 적어도 우리는 전구를 보면 에디슨을 그리 어렵지 않게 떠올린다. 지구 건너편의 동료 혹은 고객과 얼굴을 맞대지 않고도 실시간으로 이야기 할 수 있는 것은 전화기 덕이며 마찬가지로 벨이 가장 먼저 떠오른다. 끝으로 라이트 형제가 비행기를 발명했다는 것은 초등학생에게 물어봐도 알 수 있을 정도로 알려진 사실이다.

그렇다면 컴퓨터를 발명한 사람은 누구일까? 언뜻 떠오르지 않는다. 사실 현대 사회에 컴퓨터가 쓰이지 않는 분야는 없다. 전구를 켤 수 있게 해주는 ‘전기’도 컴퓨터 시스템으로 정밀하게 제어되고 있으며 전화 역시 과거 교환원들이 하던 일을 컴퓨터가 대체한지 오래다. 비행기는 어떤가. 기계적인 움직임을 제어하는 일은 모두 컴퓨터가 담당하고 있으며 조종사들의 역할은 점차 이 컴퓨터 기반 시스템을 감독 및 제어하는 쪽으로 축이 옮겨가고 있다. 전 세계를 연결하고 있는 인터넷은 말할 것도 없다.

사람들은 사회에 이토록 막대한 영향을 끼친 컴퓨터 발명의 역사에 대해 매우 무지한 편이다. 그 이유는 무엇일까. 가장 큰 이유는 컴퓨터의 발명이라는 것이 어느 한 과학자에 의해 완성된 것이 아니기 때문이다. 컴퓨터는 약 400년의 시간 동안 논리학, 수학, 공학, 더 나아가 철학적 사유와 발전이 모두 집약된 결과 발명된 것이다. 이러한 400년 이라는 역사에 참여한 위대한 학자들은 결코 처음부터 컴퓨터라는 것을 상상하거나 염두에 두었던 것은 아니지만 결국 컴퓨터의 발명에 없어서는 안 될 초석이 되었다는 점에서 이들의 노력과 공헌을 무시하고서는 이 역사를 제대로 이해할 수 없다.

결국 컴퓨터 발명의 역사를 이해하는 것은 컴퓨터 그 자체를 이해하는 것과 동일하다. 이번 에세이를 통해서 컴퓨터가 실제 구현되기까지의 역사를 살펴보고 컴퓨터가 작동되는 근본적인 원리에 대해 탐구해보고자 한다. 또한 더 나아가 이러한 역사와 원리에 대한 탐구를 기반으로 최근 주목받고 있는 ‘혁신’이라는 개념에 대해 고찰함으로서 경영학적 관점에서의 배움을 얻고자 한다.

2. 본론 – 튜링 이전의 역사

2.1. 라이프니츠(Leibniz) – 보편 기호 체계를 꿈꾸다

라이프니츠는 1646년에 독일 라이프치히에서 태어났다. 그는 미적분을 고안한 수학자로 널리 알려져 있으나 실제로는 현대 이전 유명한 학자들이 으레 그렇듯 법학, 철학, 과학 등

다양한 분야에 관심을 갖고 있었다. 컴퓨터의 역사와 관련하여 우리가 주목할 부분은 그가 아리스토텔레스의 철학적 방법론에서 부터 '보편 기호 체계'라는 아이디어, 다시 말해 후에 컴퓨터 발명에 근간이 되는 아이디어를 얻어냈다는 것이다.

철학적으로 데카르트, 스피노자를 잇는 대륙 합리론자였던 라이프니츠가 당시 대립적인 사상을 주장했던 영국 경험론의 효시인 아리스토텔레스의 자연과학적 방법론에 매료되었다는 사실은 다소 아이러니하지만 이는 아리스토텔레스의 방법론 전체를 차용했다고 하기 보다는 그가 확립한 논리학에서 매력을 느꼈다고 보는 것이 옳다. 이는 라이프니츠가 진리를 탐구하는데 있어 학파적 틀에 얽매이지 않았음을 보여준다.

라이프니츠가 믿었던 보편 기호 체계는 '실제 기호 체계일 뿐만 아니라 인간의 모든 사고 범위를 포괄하는 기호의 체계'이다. 다시 말해 인간의 사고 범위 내의 어떤 생각을 정확하게 기호로 환원하여 나타낼 수 있는 체계를 의미한다. 그는 실제 보편 기호 체계에 대한 믿음을 현실화하는데 실패했으나 그 중 일부라고 할 수 있는 추론 계산법에 있어서는 실질적인 성취를 했다. 일반 대수와 마찬가지의 방식으로 논리적 개념을 다룰 수 있는 형태의 대수학인 '논리 대수'를 제시한 것이다.

그는 ⊕라는 새 기호를 고안하여 다양한 공리들을 도출했는데 그 중 '자기 자신을 결합하면 새로운 어떤 것도 나오지 않는다'를 의미하는 A⊕A=A는 조지 불과 프레게를 거쳐 추후 기호 논리학을 이루는데 결정적인 발견이 되었다. 이와 함께 라이프니츠가 꿈꿨던 보편 기호 체계의 아이디어는 계속 살아남아 후대의 학자들에게 영감을 주었다.

2.2. 불(Boole) - 불 대수의 발견

불은 1815년 영국에서 태어났으니 라이프니츠와는 약 200년의 차이가 난다. 그는 어렸을 때부터 수학에 대한 관심이 남달랐는데 일정 부분 이는 그의 가난과 관련이 있는 것으로 보인다. 가난한 사람이 한 권의 책을 오래, 또 깊게 보기에는 수학만한 주제가 없기 때문이다. 그 와중에 논리적 관계들이 일종의 대수로 표현될지도 모른다는 영감을 받게 되는데 그 원인에 대해서는 확실치 않다.

불의 영감은 라이프니츠와 마찬가지로 그를 아리스토텔레스의 논리학으로 이끌었다. 그리고 그는 언어의 논리적 관계에서 중요한 것은 그 언어(낱말)가 의미하는 것들의 집합이라는 점을 곧 깨닫게 되었으며 이러한 집합들의 대수식을 통해 추론을 표현해낼 수 있는 방법을 고안하는데 이르렀다.

예를 들어 xy를 x와 y 모두에 속하는 것들의 집합, 즉 교집합이라고 정의하는 것에서 출발하여, xx=x라는 집합의 논리식을 일반 대수적으로 표현하는데 이르게 된다. 일반 대수적 관점에서 xx=x가 참인 경우는 x가 0 또는 1일 때 밖에 없는데 이를 거꾸로 보면 x가 0 또는 1일 때 논리 대수와 일반 대수의 연산은 정확하게 일치하는 것이었다. 불은 더 나아가 0을 공집합, 1을 전체집합으로 정의한 후, +와 -에 대한 해석을 제시함으로서 일반 대수와 논리 대수의 경계를 무너뜨리는데 성공했다.

불은 자신의 대수 법칙이 아리스토텔레스의 삼단 논법에도 적용 가능하다는 사실을 알게 되면서 이를 더욱 복잡한 추론을 하는데 활용할 수 있다는 결론을 얻게 된다. 이러한 불의 대수는 논리적으로 보다 세밀한 추론을 처리할 수 없는 한계를 갖고 있었기 때문에 라이프니츠가 주장했던 '보편 기호 체계'를 구현 하는 것에는 실패했다고 볼 수 있다. 하지만 논리적 연역을 수학의 영역으로 받아들여 추후 프레게로 이어지는 기호 논리학을 발전시키는데 혁혁한 공을 세웠다.

2.3. 프레게(Frege) – 〈개념 표기법〉, 기호 논리학의 도약

고틀로프 프레게는 불 보다 약 한 세대가 늦은 1848년에 비스마르 공화국에서 태어났다. 그는 독일의 통일, 주변국과의 끊임없는 전쟁, 하이퍼 인플레이션 등이 발생했던 격랑의 시기를 살았는데 그로 인해 형성된 극우주의적 세계관으로 인해 종종 비난을 받기도 하는 비운의 학자이다. 하지만 그가 수학자로서 성취한 논리학에서의 업적은 컴퓨터의 탄생에 결정적인 역할을 했으므로 눈 여겨 볼 필요가 있다.

그는 논리학에서 가장 중요한 저작으로 평가 받는 〈개념 표기법〉에서 수학에서 사용되는 모든 연역적 추론들을 포함하는 논리 체계를 고안해냈다. 불의 대수가 표현하지 못했던 세밀한 논리적 관계들을 표현하기 위해서 보편 양화사, 존재 양화사 등의 특수 기호를 도입했는데 이는 대수 또한 근간에 논리학을 기반으로 하고 있다는 것을 보여주기 위한 대담한 시도였다.

뿐만 아니라 프레게의 논리 체계는 복잡한 논리적 추론을 기호들의 배열 방식으로 환원할 수 있었는데, 이는 어떤 논리적 추론을 기계적으로 따라가면서 풀어나갈 수 있게 했다는 점에서 현대 컴퓨터 프로그래밍의 원형을 담고 있다. 하지만 역설적이게도 프레게의 논리학은 매우 복잡하기 때문에 주어진 전제들로 어떤 결론을 연역 도출해 낼 수 있는지 확인할 수 있는 계산 절차를 제공하지 않는다는 단점이 있었다.

프레게의 논리학은 완전성 측면에서 단연 불의 논리학을 뛰어넘는 엄청난 진보라는 평가를 받는다. 프레게의 논리학을 통해 얻어낸 추론의 참 거짓 문제를 판단하는 계산 방법은 후에 힐베르트, 괴델, 튜링에 이르기까지 이어지는데 이는 결국 그러한 일반적 계산 방법이 존재하지 않는다는 결론에 이른다. 하지만 튜링이 일단 가능한 계산이라면 이를 수행할 수 있는 보편 기계를 고안하는 것이 가능하다는 것을 발견하면서 또 다시 역설적인 결론을 도출하는데 일조한다.

기호 논리학을 완성시킬 정도로 이성적인 학자가 극우적인 사상을 가졌었다는 아이러니와 복잡한 논리학의 형식 속에 담겨 있던 단순한 기계적인 추론 절차, 그리고 튜링에 발견에 이르기까지 프레게는 역설이라는 단어로 하나로 설명할 수 있을 것 같다. 극우파였던 그의 저작이 그 어떤 기기보다 민주주의와 자유주의에 기여하고 있는 컴퓨터의 발명에 기여했으니 말이다.

2.4. 칸토어(Cantor) – 논쟁의 중심에서: 실무한과 대각선 논법

게오르그 칸토어는 프레게보다 3년 빠른 1845년 러시아에서 태어났다. 불과 프레게가 기호 논리학의 고안을 통해 컴퓨터 발명에 기여했다면 칸토어는 이와 별개로 실무한에 대한 연구를 통해 집합론을 발전시키는 과정에서 후대 학자들에게 영향을 미치게 된다. 이는 실무한에 대한 연구가 신성한 것으로 여겨져 신학과 철학의 영역으로 간주되던 시기에 쏟아지는 비난을 감당하며 진행한 일이라 더욱 의미가 있다고 할 수 있다.

무한을 연구했던 라이프니츠의 논리에 따르면 모든 자연수와 모든 짝수 집합을 일대일로 대응시켰을 때 1,2,3,…과 2,4,6,…이 일대일로 대응되는 것은 맞지만, 문제는 모든 홀수 집합도 같은 논리로 자연수와 일대일 대응이 가능하다는 것이었다. 이처럼 전체는 부분보다 반드시 큰 것이라는 유클리드의 원리가 무한 집합에서는 적용되지 않으므로, 라이프니츠는 무한 집합의 원소의 개수를 말하는 것은 의미가 없다는 결론을 내린 것이다.

하지만 칸토어는 라이프니츠가 의미 없다고 주장한 것과 달리 무한 집합이 그 부분 집합과 똑같은 원소의 개수를 가질 수 있다는 쪽을 지지했다. 그리고 결국 연구 과정에서 대각선 논법을 통해 자연수와 실수 간의 일대일 대응이 불가능하다는 것을 증명하게 되었다. 대각선 논법

은 수(1,2,3…)를 활용하여 자연수의 모든 부분 집합에 하나씩 $S_1, S_2, S_3, \cdots$ 와 같이 이름표를 붙인 후 각각의 부분 집합에 속하는 자연수를 대응시켰을 때 대각선에 위치한 수의 포함관계를 반대로 하는 또 다른 부분 집합 S가 존재함을 증명한 것이다. 따라서 어떤 일대일 대응으로도 자연수들의 모든 부분 집합들을 포함할 수 없으며 어떤 무한 집합의 크기가 더 큰 경우가 존재함을 의미한다.

이에 대해 버트런드 러셀은 '모든 집합들의 집합이 있을 수 있는가'하는 의문을 제기하면서 칸토어를 궁지에 몰아넣었다. 만약 그런 집합으로 대각선 논법을 적용시킬 경우에도 전혀 새로운 집합을 얻어낼 수 있다면 최초에 모든 집합들의 집합이 있을 수 있는가라는 가정에 위배가 되는 형태의 역설이었다.

결국 칸토어의 연구는 신의 영역인 실무한을 다룬다는 이유로 쏟아지는 비난을 견뎌야만 했던 시작부터 러셀의 역설이 제기되는 시점에 이르기까지 학계에 많은 논란을 일으켰다. 이러한 논란은 힐베르트의 연구에 영감을 주었고, 칸토어의 증명 과정에서 발견된 대각선 논법은 괴델의 불완전성 정리와 튜링의 멈춤 문제 해결 불가능성 정리에서 부활함으로써 컴퓨터 발명의 결정적인 역할을 하게 된다.

2.5. 힐베르트(Hilbert): 무모순성 추구와 힐베르트의 문제제기

힐베르트는 고르단의 대수 불변식에 대한 추측을 추상적 사고를 바탕으로 증명해 내면서 수학자로서 명성을 얻었다. 이렇듯 힐베르트는 칸토어의 추상적 사고를 지지했으며 후에 칸토어와 프레게 이후에 역설과 모순성이라는 곤경에 빠진 수학을 구출하고자 한 위대한 수학자이다.

그는 1900년 파리 국제 수학자 회의에서 23개의 문제 제출한다. 그 중 첫 번째 문제가 칸토어의 연속체 가설(자연수들의 집합의 기수와 자연수들의 모든 집합들의 집합의 기수 사이의 기수를 가진 집합은 없다는 주장)이 참인지를 결정하는 문제였다는 사실은 칸토어가 후대 수학자들에게 남긴 논쟁의 중요성을 단적으로 드러낸다.

칸토어가 직면한 문제는 어쩌면 수학사에서 한 번은 만날 수밖에 없는 곤경이었을까. 실수 산술에 까지 미친 모순성은 많은 수학자들을 혼란스럽게 했다. 힐베르트의 제자이자 직관주의 수학을 창시한 브로우웨르는 심지어 아리스토텔레스 이후 다양한 수학적 증명에 빠지지 않고 등장한 배중률 사용에 반대하는데 이르렀다. 하지만 힐베르트는 실수 산술에 대한 공리 간의 무모순성을 밝히고자 함으로서 응수했다. 그는 칸토어가 가정한 모든 초한 기수로 이루어지는 집합이 직면한 모순은 그런 집합이 존재하지 않음을 보여준 것에 불과하며 실수 산술의 모순성을 증명하지는 못한다고 주장했다.

한편 버트런드 러셀 또한 노스 화이트헤드와 함께 저술한 〈수학원리〉를 통해 본인이 과거에 발견한 역설을 극복하고 논리학 체계에서의 수학의 완전성을 확보하고자 했지만 결과적으로 무모순성 확보에는 실패했다. 하지만 〈수학원리〉는 힐베르트에게 기호 논리학에 대한 화두를 던짐으로서 그가 메타 수학을 발명하는데 주요한 역할을 하게 된다. 메타 수학은논리학을 메타적 관점에서 형식화하여 도출되는 형식 체계를 다루는 것으로 다시 말해 논리 체계를 외부에서 사유하는 것이다.

그는 무모순성 증명을 메타수학 안에서 수행해야 한다는 것을 깨달았다. 그 결과 1차 논리학의 완전성과, 힐베르트의 결정 문제라고 알려진 논리식의 타당문제를 결정하는 방법을 주요 연구 주제로 상정하였다. 힐베르트는 1928년 국제 수학자 대회에서 '페아노 산수(PA)가 완전하다'는 증명을 요구했는데 이는 PA안에서 표현될 수 있는 어떤 명제에 대해서도 PA 안에서 그 명

제가 참 혹은 거짓이라고 증명될 수 있다는 것을 의미했다. 추후 괴델과 폰 노이만은 이러한 힐베르트의 프로그램이 성공할 수 없다고 결론을 내리게 되는데 특히 괴델의 증명은 튜링에게 직접적인 영향을 주게 된다.

2.6. 괴델(Godel) - 불완전성 정리, 힐베르트 프로그램을 뒤엎다

괴델은 1906년 브르노에서 태어났다. 그의 출생 년도에서 알 수 있듯이 그가 자란 시기는 한참 러셀, 힐베르트, 브로우웨르 등의 논쟁이 뜨거울 시점이다. 자연스럽게 그는 모든 일반 수학은 형식 논리 체계로 요약될 수 있다는 러셀의 〈수학원리〉의 영향을 받게 되며 힐베르트 문제에 대한 호기심을 가졌다.

그는 힐베르트의 23개 문제 중 실수 산술의 무모순성 증명에 노력을 기울이는데 '외부에서 형식 체계를 사유하는 메타 수학은 왜 형식 논리 체계 내부에서 전개될 수 없을까?'라는 의심을 하게 되는데 이는 러셀의 제자였던 비트겐슈타인의 영향이 드러나는 부분이다. 괴델은 논리 기호들을 자연수로 부호화하는 방식으로 외부를 내부로 가져오는 시도를 하게 되며 이 과정에서 힐베르트의 프로그램을 무너뜨리는 증명을 해내게 된다.

괴델의 논문 〈〈수학 원리〉와 관련 체계들의 형식적으로 결정 불가능한 명제들에 관하여〉에서 그는 아무리 강력한 논리 체계일지라도 수학적 진리의 전 범위를 완전히 포괄할 수 없음을 증명한다. 예를 들어 다음과 같은 명제를 보자.

- *U는 PM 안에서 증명될 수 없는 어떤 특정한 명제가 있다고 말한다.*
- *그 특정한 명제는 바로 U 자신이다.*
- *그러므로 U는 PM안에서 증명될 수 없다.*

외부의 관점에서 U는 참이지만 U와 U의 부정 모두 PM 안에서 증명이 불가능하다. 즉 체계 내부에서의 결정 불가능성을 갖고 있는 명제인 것이다. 그렇다면 왜 모든 일반 수학이 요약되는 PM에서 U의 참 거짓 증명이 불가능한 것일까? 적어도 우리가 PM 내부에서 증명할 수 있는 것은 다음과 같다. *만약 PM이 무모순이라면 U이다.* 즉 PM 내부에서 U의 증명을 방해하는 것은 PM이 무모순이라는 가정 뿐인 것이며 이는 PM이 아무리 강력해도 자기 자신의 무모순성을 증명하기에는 불충분하다는 것을 의미했다. 힐베르트 프로그램은 결국 이렇게 무너지고 만다.

하지만 그는 이러한 불완전성 정리로도 연속체 가설에 대한 참 거짓 판단은 불가능하다는 사실 또한 발견한다. 그가 보기에 이러한 문제는 근본적으로 실수 집합을 정의할 수 없다는 것에서 시작되는 것 같아 보였기에 수 자체가 무엇인지를 묻는 철학 연구에 관심을 갖게 되는 것은 자연스러운 일이었다. 개인적으로 보기에 괴델의 능력은 당연하게 여겨지는 것들에 '왜?'라는 질문을 던지는데 있었고 이에 대한 답을 결국 얻어내는데 있었던 것 같다. 그리고 그의 발견과 증명은 튜링이 '결정 문제'를 파고드는 데 직접적인 자극제가 된다.

3. 결론 - 튜링과 컴퓨터 발명 역사를 통해 본 혁신

3.1. 튜링(Turing) - 보편 기계 고안을 통한 혁신의 완성

앞서 서술한 모든 컴퓨터 발명의 역사가 튜링에 와서 집약된다. 가장 결정적인 계기는 그가 ‘수학 기초론’ 수업을 들었던 것이었는데 여기서 힐베르트의 결정문제(Entscheidungsproblem)을 무너뜨린 괴델의 증명을 보고 새로운 증명 방법을 고안해 보고자 하는 연구를 시작하게 된다.

튜링은 모든 수학적 계산은 일련의 기계적 방식의 규칙으로 정의되는 알고리듬을 기반으로 한다고 여겼다. 그리고 이러한 알고리듬적 과정으로 계산을 자동 수행할 수 있는 ‘튜링 기계’를 정의했는데 이러한 정의에 따르면 튜링 기계로 계산되지 않는 문제는 알고리듬 적 해결이 불가능 한 것이었다. 그는 이렇게 튜링 기계를 먼저 정의한 후, 대각선 논법을 응용하여 힐베르트의 결정문제가 알고리듬으로 해결할 수 없다는 사실을 증명해낸다. 모든 수리 명제의 참 거짓을 자동으로 판명하고자 했던 힐베르트의 꿈은 산산조각 났지만, 역설적으로 여기서 튜링이 만들어낸 부산물, 즉 튜링 기계는, 해결 가능한 문제는 모두 자동으로 풀 수 있다는 결론을 내놓았다. 마침내, 보편 기계가 탄생한 것이다.

보편 기계는 튜링 기계가 할 수 있는 모든 일을 스스로 해낼 수 있는 기계였는데 이는 컴퓨터 하드웨어의 원형이라고 볼 수 있다. 보편 기계가 수행할 일을 담고 있는 테잎 위의 부호는 일종의 소프트웨어가 되며, 이 과정에서 읽고 쓰는 숫자들이 데이터가 되었다. 물론 소프트웨어 역시 데이터의 일종이라고 볼 수 있으나 현대에도 이러한 정의와 구분은 유효하다.

튜링의 보편 기계는 사실상 컴퓨터 개발에 필요한 논리적 기반의 완성이나 다름없었다. 추후에 이러한 컴퓨터를 공학적으로 구현하는 과정에서 폰 노이만이 지대한 역할을 하게 된다. 야망이 컸던 그는 최대한 숨기려했으나, 그의 착상이 튜링에게서 비롯되었다는 사실은 너무나도 자명하다. 비록 논리학적으로 튜링이나 괴델에 비해 부족한 것은 사실이었으나 폰 노이만은 그들의 연구 성과가 의미하는 바를 너무나도 잘 이해하고 있었고 충분한 재정적 지원을 이끌어 냄으로써 컴퓨터를 공학적으로 설계하는데 성공했다.

3.2. 나가며 - 컴퓨터 발명의 역사, 그리고 이를 통한 혁신에의 교훈

그렇다면 컴퓨터를 발명한 사람은 결국 누구인가? 사실 한 사람으로 정의할 수 없다. 이는 결국 라이프니츠부터 튜링에 이르기까지 때로는 예상치 못한 방향으로 전개되기도 했지만, 결국 논리학, 수학, 철학 등의 치열한 논쟁의 산물인 것이다. 결국 튜링이나, 폰 노이만 등 어느 한 사람의 발명이라고 하기에는 무리가 있다. 그보다는, 앞선 수많은 학자들이 조금씩 씨줄과 날줄을 엮어 놓은 것을 받아 마지막 한 수를 놓았다고 하는 것이 더 옳다고 하겠다.

(1) 라이프니츠-불-프레게-러셀로 이어지는 기호 논리학적 발전과 (2) 이와 동시에 칸토어의 추상적 수학 및 초한에 대한 논쟁 촉발 (3) 그리고 칸토어가 제시한 대각선 논법이 괴델, 튜링에게 불어넣은 영감 (4) 칸토어에 의해 촉발된 모순성 문제로 부터 수학을 구출하고자 했던 힐베르트의 결정 문제 (5) 결정 문제의 해결 불가능성을 대각선 논법을 통해 증명한 괴델, 이 모든 학자들이 튜링에게 영향을 주었고 결과적으로 튜링은 그의 높은 지성과 창의력으로 위대한 마지막 한 수를 놓을 수 있었던 것이다. 따라서 우리는 튜링의 업적에 경탄하되 이전 학자들의 공헌 역시 기릴 필요가 있는 것이다.

컴퓨터는 사실 그 어떤 단일 발명품보다 크게 세상을 바꾸었다. 예를 들어 서론의 이야기로 다시 돌아가 보면, 밤 10시에 우리는 더 이상 회사가 아닌 자택에서 컴퓨터와 인터넷을 활용하여 근무를 할 수 있으며, 해외의 동료 혹은 파트너와는 전화가 아닌 서로의 얼굴을 보며 화상회의를 진행할 수 있다. 또한 직접 인도를 가지 않아도 현지의 정보들이 실시간으로 사내 정보시스템에 전달되고 있는 것이다. 이러한 변화는 일 뿐만 아니라 사람들의 삶 그 자체에 지대한

영향을 미치고 있다.

더 나아가 최근 혁신의 아이콘으로 평가받는 스마트폰은 불과 몇 년 전까지만 해도 존재하지 않았음에도 불구하고 우리의 생활 구석구석에 스며들어 삶을 편리하게 만들고 있다. 그야말로 누구나 튜링 머신을 손 위에 하나씩 들고 다니는 셈이다. 발명할 그 당시의 과학자들이 이러한 것들을 상상이나 했겠는가?

컴퓨터 발명의 역사를 보며 느낀 것은 진정한 혁신과 중요한 발명들은 어느 한 사람의 노력으로 단기적인 시간 내에 성취하기 힘들다는 것이다. 비록 학문적 탐구와 산업적 연구 개발은 그 분야가 다른 것일 수도 있으나 요즈음 기업들의 R&D 행태를 보아서는 단기적인 성과에 집착하고, 지나치게 미래를 구체적으로 예측하고 통제하려는 경향이 존재한다는 인상을 지울 수 없다.

하지만 컴퓨터 발명의 역사는 우리에게 위대한 혁신을 추구하기 위해서는 때로는 (1) 연결되지 않을 것만 같은 연구들이 궁극적으로 대단한 혁신을 발견하는데 도움을 줄 수 있으며 (2) 칸토어가 촉발한 논쟁과 같이 진리 추구 과정에서 발생하는 수많은 논쟁들은 일면 소모적으로 보일 수도 있으나 그 과정에서 전혀 예상치 못했던 가치 있는 결론을 부산물로 내어놓을 수 있다는 사실의 중요성을 역설하고 있는 것 같다.

무엇보다도 전기공학적 기술의 산물로만 알고 있던 컴퓨터가, 실은 수학적, 논리학적 근간 없이 절대로 발명될 수 없었다는 사실은 최근 경시되고 있는 기초 자연 학문들의 가치가 반드시 기업 차원에서 제고되어야만 한다는 사실을 시사한다. 또한 각종 기술에 대한 특허권들이 오히려 이러한 생각의 씨줄과 날줄들의 연결을 막음으로서 혁신에 저해가 되는 요소가 아닌가 하는 우려를 들게 한다. 우리는 혁신에 있어 너무나 얕고, 단기적인 프레임을 갖고 있는 것이다.

그렇다면 마지막으로 질문을 하나 던지고자 한다. 과연 전구는 에디슨이 발명한 것이 맞는가? 전화는, 또 비행기는 어떠한가. 어쩌면 한 개의 가닥으로 이루어지지 않은 혁신을 우리는 종종 단 한 번의 위대한 발명으로 환원하는 우를 범하고 있는 것이 아닐까. 마지막 한 수를 놓아 마무리한 사람만을 기억하고 있는 것은 아닐까, 또 마지막 한 수를 놓는 사람이 되려고만 하는 것이 아닐까. 고민할 가치가 있는 문제임에는 분명하다.