

튜링의 어깨 위에서 새롭게 보게 된 세상
- <컴퓨터과학이 여는 세계> 2016 봄 학기 1차 과제

고은비

일상생활에서 컴퓨터라는 대상에 대해 깊게 생각해 볼 기회는 많지 않다. 그렇기 때문에 사실상 수업을 통해 접하게 된 내용의 대부분이 새로울 수밖에 없었다. 새로 알게 된 것들 중 무엇보다 가장 머리에 남는 사실은 무한한 테이프, 규칙표, 그리고 상태표, 이렇게 세 개의 부품으로만 이루어진 간단한 도구에 불과했던 튜링 기계가 그 원리를 유지하면서도 지금의 복잡한 컴퓨터의 모습을 갖춰가는 과정이었다. 또한 아무리 튜링 기계가 복잡한 작업을 수행해 나갈 수 있는 구조로 진화하여도 변함없이 그 내부에는 튜링기계의 기본 작동원리가 남아있다는 사실을 신기하게 여기는 스스로를 보며, 내가 초기의 컴퓨터의 모습을 단 한 번도 상상해본 적 없음을 알게 되었다.

새로운 내용을 접하며 두 가지 부분에서 이해가 잘 되지 않거나 의문이 남았다. 첫 번째는 궁극의 기계, 즉 보편만능의 기계의 존재만으로 튜링이 정의한 기계적인 방식이 충분히 광범위하고 설득력 있다고 여겨질 수 있는지에 대한 부분이다. 이러한 의문점을 고려했을 때 튜링이 튜링기계를 고안해낸 진짜 목적 즉, 불완전성 논리 재 증명은 성공했다고 볼 수 있는 것인지에 대해 궁금증이 들었지만 교재나 수업내용에는 이 부분이 자세히 다뤄지지 않아 아쉬움이 남았다. 두 번째 궁금증은 튜링이 왜 하필 멈춤 문제를 푸는 튜링기계의 존재를 부정함으로써 모든 참인 명제를 차례로 만들 수 있는 튜링 기계가 존재하지 않음을 증명하였는가에 대한 점이다. “튜링기계가 자연수라는 사실”과 “보편만능 기계”, 그리고 “대각선 논법”만 있다면, 부정하고자하는 기계가 멈춤 문제를 판정하는 튜링기계가 아니라 입력 값을 넣었을 때 yes or no의 답을 내놓을 수 있는 어떤 다른 튜링 기계라 하더라도 무관하지 않았을까?

처음에는 수학적 증명을 위해 기계를 고안한 튜링의 천재성에 감탄하며 그 발상은 어떻게 시작되고 진화했을까 하는 궁금증에 집착했다. 하지만 참고도서인 <수학자, 컴퓨터를 만든다>까지 접하고 난 뒤에는 내가 천재와 영감이라는 두 단어 속에 생략된 긴 과정을 너무 쉽게 망각하고 있음을 깨닫게 되었다. 더불어 아이작 뉴턴의 말을 인용하자면 아무리 대단한 학자라 할지라도 거인의 어깨위에 서지 않고서는 더 큰 세상을 볼 수 없기 때문에 어떤 발상의 시작점을 찾기 위해서는 그 발상을 내놓은 사람의 머릿속만을 궁금해 할 것이 아니라 그 발상을 가능케 한 축적된 지식들을 살펴봐야한다는 것을 느꼈다. 즉 우리가 해야 하는 일은 거인의 어깨 위에서 세상을 제대로 내다보기 위해 선구자들의 연구를 공부하고 머리에 담는, 즉 거인의 어깨까지 오르는 과정을 기꺼이 감수하는 것이다. 나는 이 수업을 통해 간략하게나마 튜링의 어깨 위까지 오르는 과정을 경험할 수 있었고 덕분에 앞서 400년에 걸쳐 고단히 등산한 많은 이들의 어깨 위에서 새로운 세상을 보게 되었다.

1. 내가 알게 된 것

일상생활에서 컴퓨터라는 대상에 대해 깊게 생각해 볼 기회는 많지 않다. 가장 혁신적이었다고 말할 수 있는 스마트 폰을 처음 접했을 때조차 “적응”한다는 표현을 사용하기가 어색했을 정도로, 태어날 때부터 컴퓨터를 포함한 많은 기계들에 둘러싸여 자란 세대인 나는 과거부터 현재에 이르기까지 컴퓨터라는 기계가 자연스럽게 녹아있는 삶을 살아왔다. 사람들은 공기나 부모님에게

그러하듯 당연하게 주위를 지키는 대상에 대해 깊게 생각하지 않는다. 컴퓨터도 그렇다. 우리는 매일 입에 올리는 “인터넷”이 무엇이나는 질문 앞에서는 꿀 먹은 벙어리가 되지만 인터넷만 빠르게 돌아가면, 어디서든 와이파이만 잘 잡히면 큰 문제를 느끼지 않는다. 인터넷이 끊기거나 와이파이가 잘 잡히지 않을 때에도 우리는 이것들의 원리에 대해 생각하기보다 그 문제를 더 잘 해결해줄 수 있는 사람을 찾을 뿐이다. 결국 컴퓨터에 대해서는 깊게 생각하고 배울 계기가 없게 된다.

그렇기 때문에 사실상 수업을 통해 접하게 된 내용의 대부분이 새로울 수밖에 없었다. 지금의 컴퓨터의 초안을 구상한 사람이 공학자가 아닌 수학자라는 사실부터, 컴퓨터의 초기 모습인 튜링 기계의 발명이 그 자체가 목적이 아닌 증명의 수단이었다는 사실, 그리고 튜링의 구상이 큰 틀의 변화 없이 현재의 컴퓨터 속에서 그 모습을 간직하고 있다는 것까지 새로 알게 된 것이 아닌 사실이 거의 없었다. 수업을 듣는 과정에서 접하게 된 표기법과 인명, 그리고 대각선 논법과 같은 증명법 등 대부분의 명사와 고유명사의 개념까지도 전부 나에게 생소하게 다가왔다.

새로 알게 된 것들 중 무엇보다 가장 머리에 남는 사실은 무한한 테이프, 규칙표, 그리고 상태표, 이렇게 세 개의 부품으로만 이루어진 간단한 도구에 불과했던 튜링 기계가 그 원리를 유지하면서도 지금의 복잡한 컴퓨터의 모습을 갖춰가는 과정이었다. 처음에 세 부품으로 구성된 튜링 기계의 작동 원리를 이해하는 것은 전혀 어렵지 않았다. 하지만 튜링기계가 보편만능의 기계의 모습을 갖춰가며 점점 현재의 컴퓨터와 닮아갈수록 그 작동 원리를 이해하는데 노력이 많이 들게 되었다. 하지만 사실 생각해 보면 내가 이해하는데 버거움을 느꼈던 보편만능 기계의 작동 기본 원리는 간단한 튜링 기계 하나의 작동원리와 다를 것이 없다. 튜링 기계는 처음의 작동원리를 그대로 이어가면서도 점점 더 복잡한 작업들을 수행해 나갈 수 있도록 진화하며, 그 결과 현재의 컴퓨터처럼 매우 복잡한 모습까지도 갖출 수 있게 된 것이다.

또한 아무리 튜링 기계가 복잡한 작업을 수행해 나갈 수 있는 구조로 진화하여도 변함없이 그 내부에는 튜링기계의 기본 작동원리가 남아있다는 사실을 신기하게 여기는 스스로를 보며, 내가 초기의 컴퓨터의 모습을 단 한 번도 상상해본 적 없음을 알게 되었다. 사실 튜링 기계가 이세돌마저 가뿐히 이기는 현재의 컴퓨터의 원형이라는 사실을 믿기 힘들 정도로 이것의 작동원리는 매우 간단하다. 하지만 하나의 튜링 기계가 보편만능의 기계로 진화하는 과정에서 생겨난 복잡성의 정도를 체감한 뒤에는 튜링 기계가 컴퓨터의 원형이라는 사실을 충분히 납득할 수 있었다. 천리 길도 한 걸음 부터라는 말이 있다. 당연히 컴퓨터의 첫 모습은 걸음마를 처음 떼는 아이와 같은 모습이었을 것이다. 하지만 한 번 걷기 시작하면 뛰는 것은 금방이다. 당연히 걷는 행위와 뛰는 행위의 기본 원리 자체는 변하지 않는다. 컴퓨터의 시작과 그 진화 과정 또한 이와 같았을 것임을 나는 너무 쉽게 잊고 지내왔다. 그만큼 컴퓨터의 존재와 이것이 지금 지니고 있는 모습을 너무나도 당연시 지내며 살아온 것이다.

2. 내가 모르겠는 것

새로운 내용을 접하며 두 가지 부분에서 이해가 잘 되지 않거나 의문이 남았다.

첫 번째는 궁극의 기계, 즉 보편만능의 기계의 존재만으로 튜링이 정의한 기계적인 방식이 충분히 광범위하고 설득력 있다고 여겨질 수 있는지에 대한 부분이다. 당대의 수학자들은 어떤 근거로 기계적 방식을 통한 튜링의 불완전성 논리 재 증명을 납득했을까? 교재에서도 이미 언급된 부분¹⁾이지만 튜링이 정의한 기계적 방식은 튜링의 세계, 그리고 튜링의 보편만능의 기계가 컴퓨

1) 이광근 저, 컴퓨터 과학이 여는 세계, 인사이트, 2015, pp. 48 ~ pp. 49.

터로 이어져온 지금의 세계에서만 인정되며 언젠은 제 2의 튜링에 의해 깨어질 수 있는 불완전한 것이다.

이러한 의문점을 고려했을 때 튜링이 튜링기계를 고안해낸 진짜 목적 즉, 불완전성 논리 재 증명은 성공했다고 볼 수 있는 것인지에 대해 궁금증이 들었지만 교재나 수업내용에는 이 부분이 자세히 다루이지 않아 아쉬움이 남았다. 튜링이 정의한 기계적인 방식 자체가 받아들여지지 않는다면 이 기계를 통해 이루어진 튜링의 불완전성 정리 재 증명은 괴델이 이미 끝낸 증명의 결과를 이용한 결과론적 증명이라고 볼 수 있지 않을까? 물론 튜링의 재 증명이 성공인가 실패인가와는 무관하게 불완전성 정리는 괴델에 의해 이미 증명된 사항이며 튜링의 보편만능의 기계가 지금의 컴퓨터의 모델이 되었다는 사실에는 변함이 없기 때문에 이러한 궁금증은 아무런 의미를 갖지 못할지도 모른다.

두 번째 궁금증은 튜링이 왜 하필 멈춤 문제를 푸는 튜링기계의 존재를 부정함으로써 모든 참인 명제를 차례로 만들 수 있는 튜링 기계가 존재하지 않음을 증명하였는가에 대한 점이다. 튜링이 자신이 고안한 기계적 방식과 대각선 논법이라는 수학적 추론 방식을 결합하여 불완전성 논리를 재 증명했다는 점은 매우 인상적이었다. 이 과정에서 튜링은 모든 튜링 기계에 어떤 입력 값을 넣었을 때 그 기계가 멈추는지 멈추지 않는지에 대한 결과를 0과 1로 표현한 표에 대각선 논법을 적용한다. 즉 여기서 중요한 것은 튜링이 대각선 논법을 적용한 표가 멈춤 문제를 판정하는 튜링기계의 결과표라는 점이 아니라 그 표가 대각선 논법을 적용하기에 충분한 형태를 갖춘 표라는 점이다.

“튜링기계가 자연수라는 사실”과 “보편만능 기계”, 그리고 “대각선 논법”만 있다면, 부정하고자하는 기계가 멈춤 문제를 판정하는 튜링기계가 아니라 입력 값을 넣었을 때 yes or no의 답을 내놓을 수 있는 어떤 다른 튜링 기계라 하더라도 무관하지 않았을까? 예를 들면 결과의 길이가 10이상인지 아닌지를 판별하는 튜링기계가 멈춤 문제를 푸는 튜링기계의 역할을 대신할 수 있을 것이라고 생각된다. 기계적 방식을 통해 불완전성 논리를 증명하는 과정에서 튜링이 어떠한 생각의 흐름의 결과로 멈춤 문제를 판별하는 튜링기계를 사용하게 되었는지를 알 수 있다면 이러한 궁금증이 해결될 수 있을 것이라고 기대한다.

3. 내가 느낀 것

처음에는 수학적 증명을 위해 기계를 고안한 튜링의 천재성에 감탄하며 그 발상은 어떻게 시작되고 진화했을까 하는 궁금증에 집착했다. 친구들과 평소에 이과적 뇌, 문과적 뇌라는 표현을 쓰며 농담을 주고받곤 하는데, 스스로를 전형적인 문과생으로 규정짓는 나에게는 튜링의 발상이 이과적 뇌가 발현된 궁극의 형태로 여겨졌기 때문이다. 범인은 절대 할 수 없을 것만 같은 발상의 천재성. 그 천재성이 어떤 계기로 발현되어 지금의 컴퓨터로 이어지고 있는 기계를 고안하게 된 것인지 무척이나 궁금했지만 당시에 튜링이 지나온 사고과정은 내가 상상할 수 있는 범위 밖에 있었다.

하지만 참고도서인 <수학자, 컴퓨터를 만든다>²⁾까지 접하고 난 뒤에는 내가 천재와 영감이라는 두 단어 속에 생략된 긴 과정을 너무 쉽게 망각하고 있음을 깨닫게 되었다. 일반적으로 천재라는 단어에는 항상 영감이라는 단어가 따라붙는다. 꿈에서 본 이미지를 통해 발명을 이뤘다든가 나무에서 떨어지는 사과를 보며 원리를 밝혔든가 하는 유명한 천재들의 영감 이야기들은 천재들의 천재성을 강조하고 발명(혹은 발견)의 순간을 미화하는 반면 그들을 영감의 순간까지 끌고

2) Martin Davis 저, 박정일 · 장영태 역, 지식의 풍경, 2005.

온 노력과 고민의 시간들은 축소시킨다. 목욕을 하다가 외쳤던 유레카는 단순한 외침이 아니다. 보통 사람들은 지나쳐버릴 일상의 힌트에서 문제 해결의 실마리를 얻을 수 있으려면 얼마나 연구를 하고 고민을 했을지, 그리고 연구를 하지 않는 순간에도 얼마나 고민에 사로잡혀 있었을지 상상해보라. 하지만 우리는 이 모든 것이 지난한 고민의 결과라는 사실을 너무 쉽게 잊는다.

더불어 아이작 뉴턴의 말을 인용하자면 아무리 대단한 학자라 할지라도 거인의 어깨위에 서지 않고서는 더 큰 세상을 볼 수 없기 때문³⁾에 어떤 발상의 시작점을 찾기 위해서는 그 발상을 내놓은 사람의 머릿속만을 궁금해 할 것이 아니라 그 발상을 가능케 한 축적된 지식들을 살펴보아야 한다는 것을 느꼈다. 거인의 어깨위에 서야만 비로소 더 넓은 세상을 눈에 담을 수 있다는 사실은 튜링의 예시 외에 다른 분야에서도 충분히 찾아볼 수 있다. 삼국사기를 쓴 김부식은 일연의 삼국유사를 종종 인용하는데, 이 경우에 김부식은 일연 스님의 어깨 위에서 새로운 세상을 만난 뒤 자신의 어깨를 다음 세대에 내어주기 위해 붓을 잡았다. 잊고 지내기 쉬운 사실이지만 세상 어디에도 도깨비 방망이로 똑딱거려 만들어진 생각이란 존재하지 않는다. 우리는 모두 앞서 많은 연구자들이 이뤄온 업적위에 말 그대로 손가락만 얹은 셈이다.

여기서 우리가 해야 하는 일은 거인의 어깨 위에서 세상을 제대로 내다보기 위해 선구자들의 연구를 공부하고 머리에 담는, 즉 거인의 어깨까지 오르는 과정을 기꺼이 감수하는 것이다. 이것은 튜링이 앞서 400년에 걸쳐 이루어진 수학자들의 고군분투를 겹하고 공부했기 때문에 우리가 지금 튜링의 어깨 위에 서서 세상을 접하고 내다보는 것이 가능하게 된 것이라는 사실과 일맥상통한다. 튜링 또한 다른 거인들의 어깨들을 다 기어올라 정상에 선 뒤에야 비로소 우리에게 어깨를 내줄 수 있게 된 것이다.

나는 이 수업을 통해 간략하게나마 튜링의 어깨 위까지 오르는 과정을 경험할 수 있었고 덕분에 앞서 400년에 걸쳐 고단히 등산한 많은 이들의 어깨위에서 새로운 세상을 보게 되었다. 모르고 보던 세상과 알고 보는 세상은 사뭇 다르다. 매번 내 무릎위에 놓여있던 노트북이고 항상 내 손에 쥐어있던 스마트폰이지만 이제 약간은 그들의 속내를 알 수 있을 듯하다. 누군가를 잘 알고 싶다면 그 사람과 연애를 하는 상상을 해보라는 말이 있다. 연애를 하다보면 그 사람이 지금 하고 있는 모습에 더불어 그 이전의 과거까지도 속속들이 알 수 있기 때문일 것이다. 컴퓨터의 청사진을 간직하고 있는 튜링의 발상을 훑고 난 지금, 나는 마치 컴퓨터와 짧은 연애를 끝마친 느낌이다. 연애가 누군가의 세상을 보는 방식을 뒤바꿔 놓듯, 나는 튜링의 연구와 그 성과를 가능하게 한 400년의 시간을 공부함으로써 컴퓨터라는 기계를 바라보는 새로운 시선을 얻었다.

3) <http://www.phrases.org.uk/meanings/268025.html> "If I have seen a little further it is by standing on the shoulders of Giants." Newton이 1676년 Robert Hooke에게 쓴 편지에 적은 위의 문구로 널리 알려져 있지만 실제로는 12세기 신학자이자 작가인 Salisbury가 처음 사용한 표현이다.