

컴퓨터, 개념 구현의 역사

자유전공학부 김항순

1. 라이프니츠, '보편문자'를 꿈꾸다

라이프니츠는 넘치는 재능만큼이나 낙관적인 사람이었다. 그는 인간이 생각하는 것을 정확하게 나타내는 기호와 그것을 다루기 적절한 연산도구라는, 상상 이상의 노력을 요구하는 거대한 체계를 꿈꾸었다. 인류가 지닌 모든 범위의 지식을 포함하는 기호의 개념인 '보편문자'와 연역적으로 그것을 조작할 수 있는 기법인 '추론계산법'은 그가 젊은 시절부터 꿈꾸었고 평생에 걸쳐 추구한 목표였다.

하지만 그는 인생의 전기에는 마인츠, 후기에는 하노버 왕가에 소속된 피고용인으로서 그는 항상 격무에 시달렸고, '보편문자'는 아무리 낙천적인 그라도 혼자 해결하기에는 너무나도 큰, 인류의 지식의 총체를 다루는 주제였다.(그도 이것이 그 자신의 대에서 해결하기 어려운 문제라는 것을 인지하고 있었다) 보편문자는 그 개념 외에는 라이프니츠의 생애에서 크게 진척된 사항은 없었다. 하지만 그는 '추론계산법'을 위해서는 많은 노력을 했는데, 그 중에서 가장 큰 성과가 논리대수이다. 임의의 다수 항들의 결합을 나타내는 특수 기호 \oplus 는 논리를 기호와 연역의 체계 안으로 끌어들이기 위한 시도이자, '컴퓨터'를 향한 인류의 첫걸음이었다.

2. 부울, 다시 한 번 이상으로

하지만 파편화되고 완성되지 못한 라이프니츠의 시도는 1세기 정도 뒤에 다시 부활하게 된다. 영국의 부울은 라이프니츠의 성과와는 별도로 논리학을 대수학적인 방법으로 표현하려는 시도를 하고 부울 대수의 개념을 만들게 된다. 그것은 수리논리학의 시초로서 라이프니츠의 이상이 부활함을 알리는 신호탄이었다. 또한 라이프니츠와는 독립적으로 발생했음에도 부울의 논리는 라이프니츠보다 한층 더 발전했다. 라이프니츠의 \oplus 의 개념이 부울 대수 안에 그대로 녹아들고 동시에(예를 들어 $xx=x$, $x+x=x$, xy 는 x 와 y 의 교집합 정도의 개념 등등) 부울대수를 구체화하는 과정에서 '명제들 간의 관계를 표현하는 명제들'에 대한 논리를 확립한 것이다. 아리스토텔레스적인 삼단논법에서 벗어나 더 복잡하고 정교한 세계를 표현할 수 있는 논리체계를 갖추어 나간 것이다.

3. 프레게, 문법의 정교화

프레게는 부울의 대수적 논리체계에서 한 발 더 나아가 독자적인 기호와 체계를 만들어낸다. 그가 만들어 낸 '개념표기법'은 최초의 '프로그래밍 언어'라고 할 수 있는 시도로서, 부울의 대수적 접근이 수학의 확장이라면 그의 개념표기법은 독자적인 영역을 구축한 '논리학'의 초석이었다. 이러한 체계를 가진 프레게의 논리는 부울의 그것보다 훨씬 정교했으며, 더욱 다

양한 방식의 표현이 가능해졌다.

4. 칸토어, 무한의 세계로의 확장. 그리고 지평의 확장

칸토어는 당시까지 수학자들에게 금기시되던 무한의 영역에 발을 들였고, 실무한에 대한 놀라운 통찰을 보여줬다. 그는 집합의 일대일 대응을 파악할 수 있는 방법인 '기수'와 무한집합의 기수인 '초한'이라는 개념을 설정했고 이를 통해 직관적으로는 이해가 쉽지 않은 일대일 대응이 되지 않는, '무한 간의 다른 크기'에 대한 것을 수학적으로 보여줬다. 또한 이러한 증명에 대각선 방법을 사용한 것은 후에 괴델의 불안정성 정리와 튜링의 멈춤문제가 해결 불가능함을 증명할 때에 활용된다. 즉, 칸토어의 무한에 대한 논의는 컴퓨터의 발전 과정에서 중요한 이론적 틀을 제공하는 역할을 한 것이다. 또한 그가 무한의 개념을 건드림으로서 촉발된 '수학의 위기'는 후에 있을 힐베르트의 결정문제의 기폭제가 되었다.

5. 힐베르트와 괴델

힐베르트는 크게 세 가지 면에서 수학, 논리학, 그리고 컴퓨터의 역사에 큰 족적을 남긴다. 첫째는 그가 확립한 '수학기초론'으로, 간단히 말하자면 기하학적, 산술적 수학의 논리들을 공리적으로 표현할 수 있는 기호체계를 고안한 것이다. 둘째는 그 과정에서 논리학 자체를 형식화하는 메타적 논리학을 통해 '무모순성', '완전성', '결정가능성'의 개념을 착안한 것이다. 셋째는 힐베르트 프로그램을 통해 수학의 형식체계가 무모순이라는 것을 유한의 방법으로 증명하고자 했고, 거기서 나온 결정문제가 무모순인가라는 문제는 괴델의 불안정성의 정리를 이끌어내게 되면서 컴퓨터 발전에 결정적 계기가 되었다.

6. 튜링, 개념을 구체화하다

컴퓨터는 이러한 수학의 결정가능성에 대한 좌절의 부산물이었다. 튜링은 힐베르트의 멈춤문제를 독자적 방식으로 해결하기 위해 튜링머신을 고안해내었고, 독자적인 기호와 시스템으로 연산을 수행하는 튜링머신은 라이프니츠가 어렵듯이 꿈꾸었던, '보편문자'와 '추론계산법'이 짝을 이루는 연산기계였던 것이다. 또한 보편기계로서 튜링머신은 곧장 현실적 구현으로 이어졌다. 최초의 진공관을 이용한 컴퓨터인 에니악과, 폰 노이만의 설계가 들어간 에드박은 3세기에 걸친 수학자, 논리학자들의 꿈과 좌절이 응축된 결과로서 눈 앞에 나타난 것이다.

7. 개념은 어떻게 현실화되는가

컴퓨터는 수학자, 논리학자의 오랜 꿈이 담겨있는 기계이다. 라이프니츠의 낙관이 400년의 연구와 좌절을 거쳐 탄생된 기계인 것이다. 위의 서술에서 볼 수 있듯 컴퓨터라는 개념의 시작은 어찌 보면 황당하다고 할 수 있는 이상주의적 낙관으로부터 출발했다. 세상의 모든 것을 기호와 논리체계로 표현할 수 있다는 근대적인 야심은 수학과 논리학에 큰 반향을 일으켰다. 그것은 새로운 학문을 개척하기도 하고, 수학이라는 학문을 한 번 위기로 끌고 가기도 했었다.

개념을 현실화시킨다는 것은 쉬운 일이 아니다. 또한 현실화된 개념은 최초의 개념과 완벽하게 일치하는 경우 역시 드물다. 라이프니츠의 상상이 튜링머신까지, 그리고 튜링머신이 에니악으로 오기까지 얼마나 많은 노력이 필요했으며 얼마나 많은 개념의 수정이 이루어졌던가. 하지만 400년에 걸친 논쟁과 고민, 좌절 끝에 컴퓨터는 탄생했다. 우리가 주목해야 할 것은 400년의 논쟁이 어떤 영역에서 발생했는가이다. 컴퓨터로 향하는 400년의 긴 논쟁은 대부분 '개념'의 영역에서 발생한 논쟁과 발전이다. 원숙해진 개념이 실체화되는 데 걸린 시간과 그에 대한 논쟁은 놀라우리만치 짧았다.

책 초반부에 등장하는 에드박의 설계에 대한 '공학자들'과 '논리학자'들의 논쟁은 많은 점을 시사한다. 우리는 흔히 컴퓨터를 현대 공학의 산물이라고 생각한다. 물론 컴퓨터의 '실체화'에 공학이 한 역할은 지대하다. 하지만 컴퓨터가 태어나기까지의 과정은 개념의 확립에 대한 치열한 분투의 역사였다.

우리는 개념의 실체화에 대한 해답을 종종 어떻게 잘, 효율적으로 '실체화'할 것인가에서 찾는 경우가 많다. 이러한 접근은 우리에게 '개념'에 대한 중요성을 간과하게 한다. 컴퓨터 개발의 역사는 개념에 대한 심층적 논의와 오류수정, 그리고 때때로 겪는 좌절의 중요성을 환기한다. 어떻게 개념을 실체화할 것인가. 큰 그림을 보려면 실체화에 집착하기보다는 개념 그 자체에 대해 충분한 숙고와 논의를 해야 하지 않을까. 컴퓨터 개발의 역사는 개념에 구체화에 대한 생각의 틀을 제공하는 좋은 예라고 생각한다.