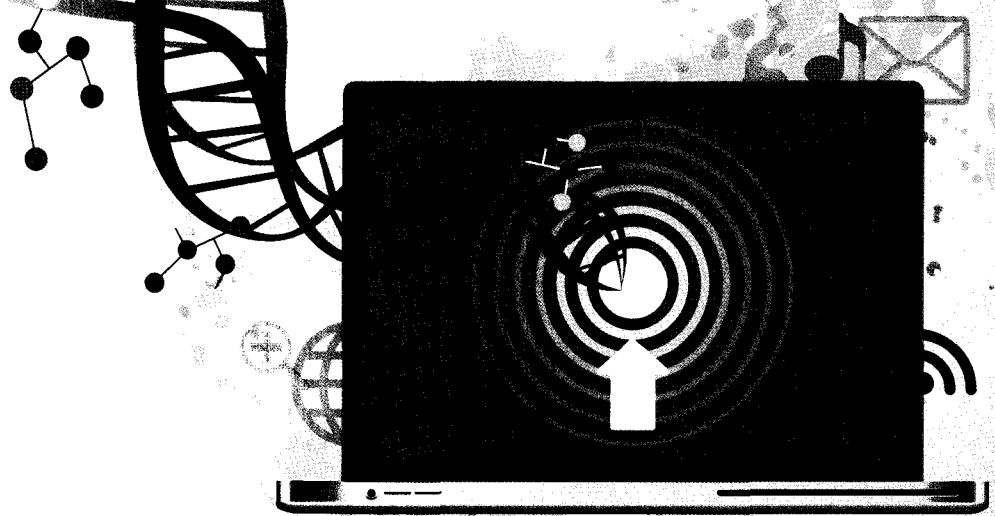


DNA로 컴퓨터를 만든다?

최원석 과학칼럼니스트



1946년 현대 컴퓨터의 원조인 에니악(ENIAC)이 탄생했다. 에니악은 1만 8천여 개의 진공관으로 이루어진 무게 30톤의 거대한 덩치를 지니고 있었지만 오늘날의 조그만 휴대용 전자계산기 보다 못한 성능을 갖고 있었다. 이러한 실리콘 컴퓨터는 지난 60년 동안 엄청난 발전을 거듭하여 컴퓨터 덩블루가 세기의 체스 천재 카스파로프를 물리칠 정도에 이르게 된다. 이러한 컴퓨터의 발전 속도는 많은 사람들에게 놀라움과 두려움을 동시에 안겨주었다. 하지만 이렇게 승승장구 하던 실리콘 컴퓨터의 발전 속도도 서서히 한계가 드러나기 시작하면서 과학자들은 새로운 개념의 컴퓨터를 찾기 시작했다.

오늘날의 컴퓨터는 폰노이만 구조라고 불리는 CPU, 메모리, 프로그램의 전형적인 3단계의 구조이다. 폰노이만식 컴퓨터는 내장된 프로그램에 따라 순차적으로 계산을 수행하며 정확한 주소와 인덱스에 의해 메모리에 순차적으로 접근해서 데이터를 불러오고 저장한다. 이러한 폰노이만식 실리콘 컴퓨터가 지금까지 매우 성공적으로 발달해 왔다는 것은 분명한 사실이다. 1965년 고든 무어는 매년 2배씩 마이크로칩의 성능이 두 배

로 높아진다는 무어의 법칙을 발표했는데, 이 기간은 2년으로 늘어났다가 18개월로 줄어들었지만 지금까지는 대체로 이 법칙이 지켜졌다. 하지만 반도체의 집적도를 높이는 것은 날이 갈수록 어려워지고 있으며, 대부분의 과학자들은 곧 그 한계에 도달할 것이라고 전망하고 있다. 또한 고속 컴퓨터에서는 순차적인 처리 방법 때문에 폰노이만 병목 현상이 발생하는 등 전통적인 방식의 컴퓨터에 여러 가지 문제가 나타나고 있다.

괄목상대할만한 발전을 이루어온 반도체 컴퓨터에 비하면 인간의 뇌가 가진 단순 암기력은 초라하기 그지없다. 많은 사람들이 10자리 밖에 안 되는 전화번호도 겨우 몇 개 밖에 암기하지 못할 만큼 형편없는 암기력을 가지고 있기 때문이다. 하지만 인간의 뇌를 컴퓨터 보다 못하다고 생각하는 과학자는 없다. 이는 사람의 뇌는 단순계산에서부터 매우 복잡한 논리적인 문제까지 다양한 상황에서 뛰어난 문제 해결력을 가지고 있으며, 수십 년 전에 발생한 사건을 검색해 내는 데에는 현존하는 어떤 컴퓨터 보다 빠른 효율성을 지니고 있기 때문이다. 이렇게 놀라운 뇌의 비밀은 작동 방법에 있다. 일반적인 컴퓨터가 폰노이만식으로 작동하

는 것과 달리 뇌는 병렬적인 계산방식을 사용하며, 주소와 인덱스 기반이 아니라 연상 능력을 이용한다. 즉 10^{11} 개의 뉴런이 10^{14} 개의 시냅스 연결을 형성하고 있는 뇌에서는 순차적인 계산이 아닌, 많은 뉴런이 동시에 연산에 참여하는 병렬 연산이 이루어져 빠르게 기억하고 정보를 처리할 수 있는 것이다. 이와 같이 기존의 실리콘 컴퓨터가 가지지 못한 인간의 뇌가 가진 장점을 모방하기 위해 새롭게 등장한 것이 분자 컴퓨터(molecular computer)이다.

분자 컴퓨터는 말 그대로 분자들의 결합을 이용한 것으로 대표적인 것이 DNA 컴퓨터이다. 1994년 컴퓨터 공학자인 아들만(Leonardo M. Adleman)은 DNA가 유전 정보를 전달할 수 있다면 이를 이용해 계산이 가능한 컴퓨터를 만들 수 있을 것이라 생각한 것이 시초이다. DNA는 인산과 당, 염기로 구성된 뉴클레오티드가 길게 결합한 분자로 A(아데닌), T(티민), G(구아닌), C(시토신)의 4가지 종류의 염기로 되어 있다. 아들만은 DNA 분자들이 스스로 조립되는 자기조립, 다른 분자를 인식해서 결합하는 분자 인식 그리고 자기복제 능력이 있어 정보를 전달하는데 사용할 수 있는 것을 깨달은 것이다. 즉 실리콘 컴퓨터에서 '0'과 '1'을 이용해 2진수로 계산을 하듯 DNA에서는 A, T, G, C의 4개의 염기가 A와 T, G와 C가 서로 상보적인 결합을 하는 것을 이용해 계산을 할 수 있었다.

DNA 분자들은 분자 개개의 결합 속도는 느리지만 용액 속에서 3차원으로 배열된 엄청난 수(아보가드로의 수)의 분자들이 동시에 반응에 참여하는 병렬 연산이 가능하여 이론상 그 연산 속도에 제한이 없을 만큼 빠른 연산이 가능하다는 장점이 있다. 또한 건조된 DNA 1g으로 CD 1조 장의 정보를 저장할 만큼 대용량의 정보를 저장할 수 있으며, 반도체 컴퓨터에 비해 전력소모가 매우 적다는 것도 DNA 컴퓨터의 매력이다. 아들만은 DNA 컴퓨터로 외판원 문제(외판원이

각 도시를 모두 경유하는 최소한의 경로를 찾는 문제)를 해결하여 DNA 컴퓨터의 가능성을 잘 보여주었다.

아들만 이후 한동안 새로운 개념의 DNA 컴퓨터에 대한 연구가 활발하게 이루어졌지만 사실 지금은 다소 시들해졌다. DNA 컴퓨터를 생각만큼 빠르게 만들기 어렵고 생화학적 분자들을 예리없이 제어한다는 것이 쉽지 않기 때문이다. 또한 기존의 실리콘 컴퓨터의 발전도 꾸준히 이루어져 실용적인 측면에서도 DNA 컴퓨터가 그 자리를 대체하기도 어려웠다. 그래서 아들만의 생각처럼 DNA 컴퓨터를 지금의 실리콘 컴퓨터를 대체하는 방향으로 개발하려고 연구하는 과학자들이 많이 줄어든 것이다. 하지만 DNA 컴퓨터가 전혀 쓸모없는 것은 아니며, 단순히 빠른 연산을 하는 것보다 더욱 매력적인 분야가 있다. 바로 나노분자를 이용하는 다양한 분야에 DNA 컴퓨팅 기술이 사용될 수 있다는 것이다.

실리콘 컴퓨터는 생물체 내부와 같이 습기가 많은 상황에서는 매우 취약하지만 DNA 컴퓨터는 오히려 이러한 환경에서 훌륭하게 작동한다. DNA 컴퓨터는 정확하게 프로그램에 따라 세포를 찾아내 명령을 실행할 수 있다. 즉 정상세포와 다른 암 세포를 발견하고 죽일 수 있도록 프로그램 된 DNA 컴퓨터가 주사를 통해 사람 몸속으로 투입되면 암세포를 발견하고 결합한 후 죽일 수 있다. 이와 같이 DNA 컴퓨터는 사람의 질병을 진단하고 치료하는 나노로봇의 개념으로 발전할 가능성이 크다. 병에 걸리면 우리 몸에 투입된 수많은 DNA 로봇들이 병균을 격퇴하게 되는 것이다.

영화 <이너스페이스>에서와 같이 소형 잠수정이 몸속으로 들어가 병을 치료하는 것은 더 이상 꿈같은 이야기가 아니다. 아직까지 기존의 로봇 공학으로는 이렇게 작은 분자 로봇을 만들 수 없지만 DNA 로봇과 같은 나노로봇을 이용하면 이러한 일이 가능하기 때문이다. 