

‘고체매질 이용한 빛 저장실험과 양자컴퓨터’

양자컴퓨터 실현 앞당겨

2001년 벅두 하버드대학에서 기체매질을 이용한 빛 저장실험의 성공으로 세계는 떠들썩했다. 하버드대학의 미하일 푸킨박사팀과 같은 대학 르네 V. 하우스박사팀이 각각 90℃와 절대영도(-273℃)로 냉각한 금속 기체를 이용해 빛을 정지시키는 데 성공한 것이다. 1년 후, 한국전자통신연구원(ETRI) 함병승박사는 과학기술부 ‘창의적 연구진흥사업’ 과제를 통해 미국 공군연구소 실험실에서 고체에서 빛을 저장, 재생하는 데 성공한다.

미국의 물리학 학회지 「Physical Review Letters」에 게재됨과 동시에 세계적인 기초과학 전문잡지 「네이처」 지에도 소개된 이 실험에서 함병승박사는 프라세오디뮴(Pr)원자가 포함된 이트륨 실리킷(Yttrium Silicate) 크리스탈 결정체 안에 두개의 레이저 빔을 사용, 물질의 굴절률을 크게 만들어 레이저 빛을 정지시켜 가두었으며 일정시간 뒤 다른 레이저로 결정체 속에 갇힌 빛을 재생시켰다.

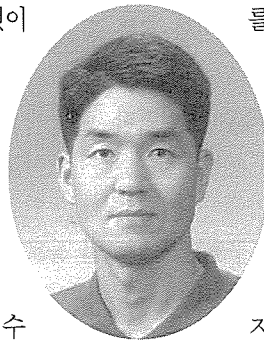
함박사팀이 고체에서 빛을 저장, 재생한 것이 큰 화제가 된 것은 하버드대 연구와는 다른 큰 의미가 있기 때문이다. 빛을 정지, 재생시키는 연구의 근본적 목적은 양자컴퓨터의 실현인데 이를 위해서는 기체가 아닌 고체

에 빛을 저장, 재생하는 것이 필수적이기 때문이다.

디지털 청산... 꿈의 컴퓨터

양자컴퓨터는 원자 이하의 차원에서, 입자의 움직임에 기반을 두고 계산이 수행되는 컴퓨터이다. 또한 양자컴퓨터는 발전의 한계에 다다른 것으로 평가되는 현재의 디지털컴퓨터를 대신할 ‘꿈의 컴퓨터’로 불린다. 전문가들은 양자컴퓨터는 지금 컴퓨터 보다 속도가 몇배 빠르고 크기가 몇분의 1 밖에 안된다는 식으로는 설명할 수 없는 전혀 새로운 개념의 컴퓨터라고 설명한다. 그 이유는 정보의 처리방식이 다르기 때문이다. 양자컴퓨터는 기존의 이진수 기반의 컴퓨터와는 달리 데이터 단위가 한번에 하나 이상의 상태로 존재할 수 있다는 사실에 기인한 것이다.

기존의 컴퓨터는 고전물리에 기초한다. 고전물리는 우리에게 친숙한 일상생활, 즉 거시세계를 기술하는 참과 거짓, 유와 무, 삶과 죽음 등 서로 완전히 상반되는 개념에 의존한다. 반면 양자역학에 기초한 양자컴퓨터는 우리에게 매우 낯선 세계, 즉 미시세계



함병승박사

를 기술하는 개념에 속해 있다. 다시 말해, 양자역학의 이론처럼 상반된 개념의 구분이 더 이상 필요가 없는 세계에 기초하는 것이다. 기존 컴퓨터는 회로에 전류가 흐르면 1, 흐르지 않으면 0을 의미하도록 돼 있는 2진법을 기본 논리로 한다.

그리고 이런 논리를 기초로 한 회로를 실리콘 기판에 고밀도로 집적해 만든 반도체 칩으로 작동한다. 그러나 양자컴퓨터는 양자역학 원리에 따라 0과 1 사이의 여러 가지 값을 동시에 가질 수 있고 많은 연산을 동시에 처리할 수 있는 큐비트(Qubit, Quantumbit, 양자논리소자)로 작동한다.

큐비트라는 용어는 양자컴퓨터 내의 기본적인 데이터 단위를 표하기 위하여 고안됐다. 이 단위는 기본적으로 동시에 여러 개의 값을 갖는 비트이다. 이 배경에 있는 이론은 개별 입자들이 여러 개의 장소에 존재하는 것처럼 보이는 양자역학 이론처럼 이해하기 힘든 것이다.

큐비트가 어떻게 여러개의 상태에서 존재할 수 있는가를 생각해 보는 하나

한국전자통신연구원의 함병승박사는
미국 공군연구소 실험실에서 고체에서 빛을 저장, 재생하는 데 성공하여
세계적인 화제를 모으고 있다. 지난해 하버드대 연구팀이 기체 매질을 이용한 빛 저장 실험에는 성공했지만
이번 함박사의 고체 매질을 이용한 실험 성공은 디지털을 대신할 꿈의 컴퓨터인 양자컴퓨터의 실현을 앞당기는
결정적인 계기를 마련한 것이다.

의 방편으로, 큐비트는 각각이 유('1') 또는 무('0')가 될 수 있는 두 개 이상의 상 또는 차원을 가지고 있다고 상상하는 것이다. 만약 큐비트가 두개의 상을 가지고 있다면 동시에 네개의 서로 다른 상태, 즉 '00', '01', '10', '11'을 가질 수 있을 것이며, 만약 세개의 상을 가지고 있다면 '000'에서 '111'에 이르는 여덟개의 서로 다른 상태를 가질 수 있다는 것이다.

도청·감청 등 근본적 예방

양자컴퓨터의 개발에 있어 큰 문제는 앞서 말한 큐비트를 처리하는 소자, 즉 양자논리소자를 구현하는 것이다. 양자논리소자를 구현하려면 빛을 저장하고 재생시킬 수 있어야 하기 때문이다. 하버드대 연구팀이 금속 기체로 빛을 정지, 재생한 것은 양자컴퓨터 실현의 돌파구로 볼 수 있지만 기체로는 고밀도 양자논리소자 구현이 어렵기 때문에 고체에 빛을 저장하는 것은 이 분야의 당면 과제였다.

함병승박사의 연구가 높은 평가를 받는 것도 이 때문이다. 기존의 빛 저장실험은 기체를 이용했기 때문에 실용화시키기에는 매우 불안정했다. 또한 10개 내외의 양자논리소자를 만드는 것에 그쳐 양자컴퓨터 실용화에 필

요한 1백개에 크게 못 미쳤었다.

그러나 함병승박사의 실험은 세계 최초로 수백개의 양자논리소자를 만들 수 있는 양자메모리 현상을 고체 매질을 통해 구현시켰으며 이로써 양자컴퓨터의 실용화가 실질적으로 가속화될 것으로 전망되고 있다. 빛 저장실험은 간단히 말하자면 빛의 정보를 물질의 정보로 치환하고 또 그 반대의 처리도 했다는 것이다.

빛은 초속 30만km의 매우 빠른 속도로 움직이는데, 어떤 물질을 통과할 때에는 속도가 약간 느려진다. 통과하는 물질의 굴절률이 높을수록 빛의 속도는 더욱 느려지는 것이다.

따라서 인위적으로 특정 물질의 굴절률을 급증시키면 빛의 속도를 크게 늦출 수 있다. 여기에 이용되는 것이 바로 '검은 공진현상'이다. '검은 공진현상'은 두개의 공진레이저에 투과된 물질이 빛을 전혀 흡수하지 않는 상태, 즉 비흡수 공진상태가 되는 현상이다.

함병승박사는 '검은 공진현상'을 유도하여 실험에 사용된 고체물질의 굴절률을 수천만배 높임으로써 여기를 통과하는 빛의 속도를 초속 45m까지 늦추고 이렇게 속도가 늦춰진 빛을 물질의 특정한 상태로써 보존하고 이를

다시 재생하는 것에 성공한 것이다.

이 실험을 통해 아직 연산을 증명하는 것은 아니지만 양자컴퓨터에서의 연산 가능성을 보여주고 컴퓨터에 반드시 필요한 메모리 기능을 증명하는 것이다. 이러한 메모리 기능은 결국 양자연산 수행에서 양자메모리 기능을 담당하게 되므로 양자연산 수행과 더불어 중요한 축을 형성하게 된다.

본격적인 양자컴퓨터가 등장하면 디지털컴퓨터로 수천년이 걸리는 계산도 단 몇분, 몇시간에 할 수 있고 이론물리학 문제의 해결과 많은 변수들이 개입된 최적화 문제의 해결과 신약 개발 등에 걸리는 시간과 비용의 절감 등을 기대할 수 있다. 또한 양자컴퓨터를 통한 정보 처리와 전송에서는 근본적으로 도청, 감청이 불가능해 보안문제를 근본적으로 해결할 수 있다는 점도 큰 장점이다.

함병승박사팀은 이러한 성과를 일궈내는 과정 중 국내에 실험실을 조성할 만한 재원과 행정지원 모두가 부족해서 국외에 나가서 외로운 실험을 해야만 했었다는 점을 들었다. 그러나 이번 성과는 세계 최초의 것이며 최고 수준의 것임을 아무도 부인하지 않을 것이다. ㉠

이 철<본지 객원기자>