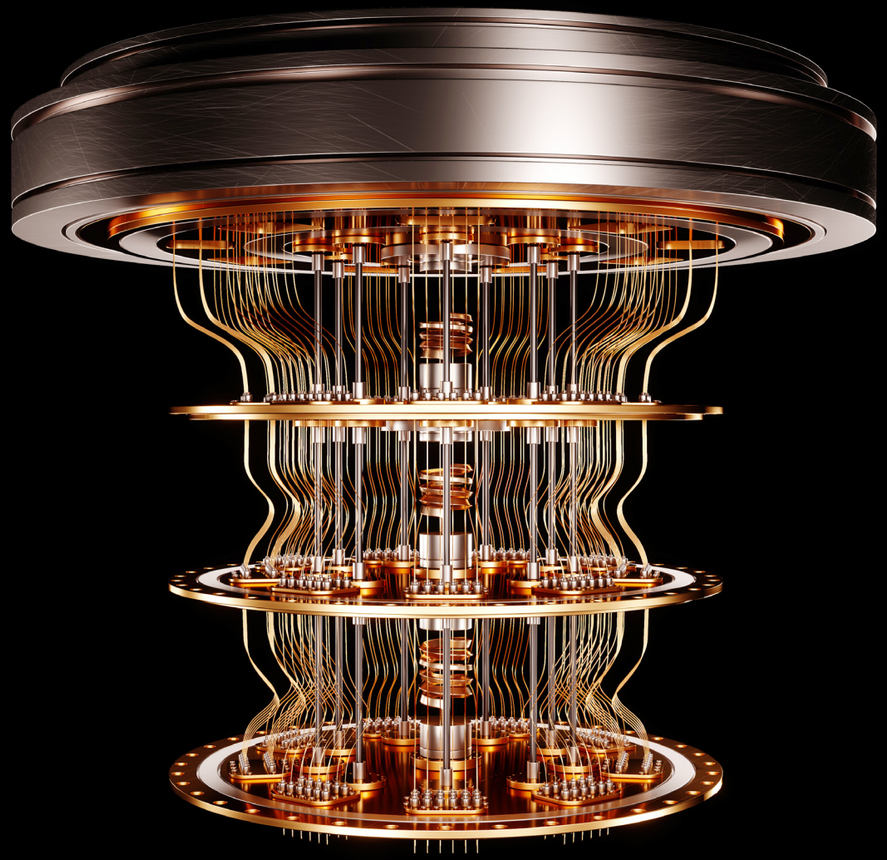


양자컴퓨터 시대가 온다, 주목할 기업은?

기존의 컴퓨터와는 완전히 차원을 달리하는 양자컴퓨터 개발이 한창이다.
다시 한번 IT혁명을 꿈꾸는 선두주자는 누구인가?

글 **김인순** 사진 SHUTTERSTOCK

구글 등 빅테크 기업들이 양자컴퓨터(퀀텀컴퓨터) 개발에 열을 올리고 있는 가운데 관련 분야에 대한 투자자의 관심도 높다. 양자컴퓨터란 현존하는 컴퓨터 중 가장 뛰어난 슈퍼 컴퓨터가 수천 년이 걸려도 풀기 힘든 문제를 단 몇 초 안에 풀어내는 컴퓨터다.

양자컴퓨터를 이해하려면 '큐빗'이라는 개념을 이해해야 한다. '큐빗'은 양자컴퓨터의 정보처리 단위를 뜻한다. 기존 컴퓨터의 정보처리 단위인 비트(Bit)는 정보를 0 또는 1로 저장할 수 있다. 그러나 양자컴퓨터의 큐빗(Qubit)은 동시에 0과 1로 저장이 가능하다.

양자 역학의 원리인 '중첩'이다. 두 개의 큐빗은 중첩 상태의 4가지 가능한 상태가 있으며, 이러한 상태가 기하급수적으로 증가한다. 문제에 대한 방대한 양의 솔루션을 동시에 탐색할 수 있다는 의미다. 서울에서 부산까지의 행로를 예로 들면 기존 컴퓨터 방식은 경부고속도로 하나를 이용하는 반면, 양자컴퓨터는 비행기, KTX 등 다양한 방식으로 가서 가장 빠른 길을 찾아내는 셈이다.

실제 구글은 3년 전 슈퍼컴퓨터로 1만 년이 걸리는 연산을 200초 만에 푸는 '53 큐빗' 양자컴퓨터 '시커모어'(Sycamore)를 개발했다고 발표한 바 있다. 이 때문에 양자컴퓨터는 그간 인류가 풀지 못했던 난제를 해결, 인류의 미래를 바꿀 수 있는 '게임 체인저'로 평가받는다.

양자컴퓨터는 우리의 일상을 어떻게 바꿀까?

구글 등 빅테크는 양자컴퓨터가 기후 변화, 코로나19와 같은 인류의 당면 과제를 해결하는 도구가 될 것으로 예상한다. 예를 들어 효율성이 큰 배터리를 만들거나 탄소 배출 없이 비료를 만들 수 있는 기술, 그리고 코로나와 같은 전염병에 대응할 수 있는 의약품을 개발하는 일 등에 활용할 수 있다고 본다.

에릭 루세로(Erik Lucero) 구글 엔지니어는 "고전적인 컴퓨터를 이용해 자연의 분자를 시뮬레이션하기는 어렵다. 새로운 유형의 컴퓨터가 그래서 필요하다"며 "자연은 양자 역학이다. 양자컴퓨터는 현실 세계의 분자 복잡성(complexity)을 분석하고, 분자가 어떻게 행동하고 상호작용하는지 시뮬레이션하고, 오류를 지속적으로 수정하는 방식으로 활용할 수 있다"라고 설명했다.

그러면서 "이런 기능이 새로운 AI 아키텍처를 비롯해 더 나은 배터리, 에너지 효율이 높은 비료, 특정 전염병을 타깃으로 한 의약품을 개발하는 데 도움이 될 것"이라고 설명했다.

이런 특성 때문에 미국을 비롯한 각국은 양자컴퓨터 개발에 매달리고 있다. 미국이 기술을 주도하고, 일본, 중국, 인도, 한국 등이 개발에 속도를 내고 있다.

신용평가기관인 스탠더드 앤 푸어스(S&P) 글로벌 마켓 인텔리전스가 지난 3월 발표한 보고서에 따르면 전 세계 정부기관의 양자컴퓨터 투자 계획 규모는 42억 달러에 달했다. 양자컴퓨터는 제조업, 제약업, 그리고 국방산업에까지 활용될 것으로 보인다.

비트(왼쪽)와 큐빗(오른쪽)의 개념을 나타낸 그림.

> 양자컴퓨터는 그간 인류가 풀지 못했던 난제를 해결, 인류의 미래를 바꿀 수 있는 '게임 체인저'로 평가받는다.

양자컴퓨터가 기존 컴퓨터보다 모든 것을 더 빨리 수행할 수는 없다. 하지만, 큰 영향을 미칠 분야는 아래와 같다.

• 양자 시뮬레이션

양자컴퓨터는 다른 양자 시스템을 모델링하는 데 적합하다. 즉, 기존 컴퓨터에 과부하를 일으킬 수 있는 양자 시스템의 복잡성과 모호성을 처리할 수 있다. 모델링할 수 있는 양자 시스템의 예로 빛 에너지를 화학 에너지로 전환하는 광합성, 전기 저항 없이 전류를 흐르게 하는 초전도성, 복잡한 분자 형성 등이 있다.

• 암호화

현재 인터넷에서 데이터를 안전하게 보내기 위해 사용하는 암호시스템에는 RSA (Rivest–Shamir–Adleman) 알고리즘이 쓰인다. 방식은 소인수 분해 또는 이산로그와 같은 다루기 힘든 문제를 활용해 암호화하는 식이다. 그러나 양자컴퓨터는 이러한 문제 그리고 그 문제로 만들어

김인순
김인순 더밀크코리아 대표는 전자신문 ICT융합부 데스크 출신으로 20년간 보안 · 소프트웨어 분야를 전문으로 취재했다. 기자협회 이달의 기자상을 두 차례 수상했고, 실리콘밸리 혁신 기업들을 취재한 책 "파괴자들 ANTI의 역습"을 집필했다. 현재 실리콘밸리 혁신미디어 더밀크의 코리아법인을 담당하고 있다.

진 암호 중 다수를 풀 수 있다.

양자 컴퓨팅은 암호 해독에만 쓰이는 것이 아니라 양자 방식으로 암호를 만드는 데도 쓰일 수 있다. 양자암호 역시 양자역학의 특별한 현상을 이용한다. 해커가 중간에 양자 암호키를 측정하거나 정보를 관측하려 하면 양자 상태에 변화가 생긴다. 양자 상태가 변했다는 것은 암호가 변한다는 말이다. 해킹할 수 없는 암호가 만들어지는 것이다.

• 최적화

최적화는 원하는 결과와 제약 조건을 고려해 문제에 대한 최상의 솔루션을 찾는 프로세스다. 과학 및 산업 분야에서는 비용, 품질, 생산 시간과 같은 요소를 기반으로 중요한 결정을 내리는데 양자컴퓨터로 이 모두를 최적화할 수 있다. 기존 컴퓨터에서 양자 유도 최적화 알고리즘을 실행해 전에는 불가능했던 솔루션을 찾을 수 있으며, 이를 통해 교통 흐름, 비행기 게이트 할당, 패키지 배달, 에너지 스토리지와 같은 복잡한 시스템을 관리하는 더 나은 방법을 찾을 수 있다.

• 양자 머신 러닝

기존 컴퓨터의 머신 러닝은 과학과 비즈니스의 세계를 혁신적으로 변화시켰다. 그러나 머신 러닝 모델을 학습시키려면 비용이 많이 든다. 이로 인해 이 분야의 개발이 더 이상 진척되지 못했다. 이 영역에서 진행 속도를 높이기 위해 마이크로소프트는 더 빠른 머신 러닝을 가능하게 하는 양자 소프트웨어를 개발하고 있다.

양자컴퓨터 개발은 어느 정도 단계인가

양자컴퓨터는 수십 년 동안 점진적으로 발전해 왔고, 빅테크 기업과 신생 기업이 상용화를 시작하기 직전에 와 있다.

> 양자컴퓨터는 분자의 화학반응을 시뮬레이션할 수 있기 때문에 재료 과학이나, 약물 개발 분야에서 탁월한 성과가 기대된다.

순다르 피차이 알파벳(구글) CEO도 지난 2019년 스위스 다보스에서 열린 세계경제포럼에서 "양자컴퓨터가 자연 세계에 대한 인류의 이해도를 높일 것으로 기대하며 신약과 더 나은 배터리를 개발할 수 있는 기회를 가져올 것"이라면서 "향후 5~10년 이내에 구체적인 결과물이 나올 것"이라고 언급했다.

실제 시장은 빠르게 성장하고 있다. 리서치 회사 가트너(Gartner)에 따르면 빅테크 기업의 40%가 오는 2025년까지 자체적인 양자 프로젝트를 시작할 것으로 예상된다. 또 양자컴퓨터의 대규모 투자비용을 감안할 때 대부분의 기업이 클라우드 기술을 활용할 것으로 전망했다.

신생 기업들도 잇따라 투자를 유치했다. 양자컴퓨터는 일반적으로 초저온에서만 구동이 가능하기 때문에 대형 하드웨어 장비를 구비해야 한다. 이에 관련 기술을 개발하는 신생 업체가 늘었고, 지난해 벤처 캐피털의 투자 규모는 14억 달러에 달했다.

시장 규모도 계속 커지고 있다. 투자은행 코웬(Cowen)에 따르면 양자 컴퓨팅 하드웨어와 서비스 시장 규모는 연간 50%씩 성장하고 있다. 지난해 4억 7,500만 달러 규모에서 오는 2025년까지 약 25억 달러, 2030년 190억 달러 규모의 시장으로 성장이 기대된다.

양자컴퓨터는 분자의 화학반응을 시뮬레이션할 수 있기 때문에 재료 과학이나, 약물 개발 분야에서 탁월한 성과가 기대된다. 전문가들은 "제약, 화학, 자동차 분야에서 가장 먼저 혜택을 받게 될 것"이라고 분석했다.

크리시 샨커(Krish Sankar) 코웬 애널리스트는 "대부분의 기업이 상용화를 위한 충분한 큐빗을 얻기 위해 향후 3~5년을 목표로 하고 있다"고 덧붙였다.

양자컴퓨터 전쟁

미국과 중국 등 주요 선진국은 오래전부터 양자기술에 눈독을 들였다. 미국은 국가 차원 연구 지원을 위해 2018년 12월 국가양자연구집중지원법(National Quantum Initiative Act)을 통과시켰다. 또 2020년부터 5년에 걸쳐 인공지능과 양자컴퓨팅의 연구센터 설립 및 연구 지원에 10억 달러를 투자했다.

중국은 이미 2017년부터 100억 달러를 투자해 양자 시스템을 연구해 왔으며 이에 앞선 2016년 11월에는 중국 안후이성 허페이시에 70억 위안을 들여 중국과학원(中国科学院) '양자정보 및 양자과학기술혁신연구원'(量子信息与量子科技创新研究院)을 설립하고, 중국 최초의 통합형 양자 실험실을 건설했다.

또한 시진핑 주석 지시로 2018년부터 1천억 위안(약 17조 5천억원)을 투자해 양자컴퓨터를 개발하고 있으며, 2021년 10월 66큐빗 양자컴퓨터 '주충즈(祖冲之)2호' 개발에 성공했다.

양자기술은 나라 간에 공유하지 않는 전략기술이다. 양자기술 보유 여부는 국가 안보와 직결되기 때문이다. 미중이 양자 전쟁을 벌이는 것도 이런 이유다. 이 분야는 한국이 잘하는 패스트 팔로워 전략이 통하지 않을 수 있다. 이미 뒤처진 상태에서 잘하는 나라를 보고 따라하는 것은 너무 늦다.

양자컴퓨터 개발 나선 빅테크

현재 양자컴퓨터와 관련된 회사는 전 세계적으로 200여 개에 달한다. 구글, IBM 등 빅테크 기업을 비롯해 D-웨이브 시스템(D-Wave Systems), 리게티 컴퓨팅(Rigetti Com-puting), 아이온큐(IonQ), 그리고 퀀텀 컴퓨팅(Quantum Computing) 등 기업의 주식이 시장에서 거래되고 있다.

우선 구글과 IBM이 양자컴퓨터 분야에서 앞서가고 있다.

알파벳의 구글은 지난 2019년 시커모어라고 불리는 양자컴퓨터를 개발했다고 주장하면서 업계의 주목을 받았다. 2의 50 제곱 규모의 정보를 연산할 수 있는 '50 큐빗'은 양자컴퓨터가 슈퍼컴퓨터의 성능을 뛰어넘는 기준점으로 여겨지는데, 시카모어는 54 큐빗의 양자컴퓨터이다. 구글은 시커모어로 이전에 1만 년이 걸렸던 연산을 단 수백 초에 작업할 수 있다고 주장했다. 현재 구글은 100 큐빗 양자컴퓨터를 구축한 상태다.

구글은 캘리포니아주 산타바바라에 퀀텀 AI 캠퍼스를 구축하고, 양자컴퓨터 상용화에 나선 상태다. 100여 명의 직원이 20여 대의 양자컴퓨터를 업그레이드하는 연구를 진행 중이다. 오는 2029년에는 상업용 양자컴퓨터를 구축할 수 있을 것으로 내다봤다.

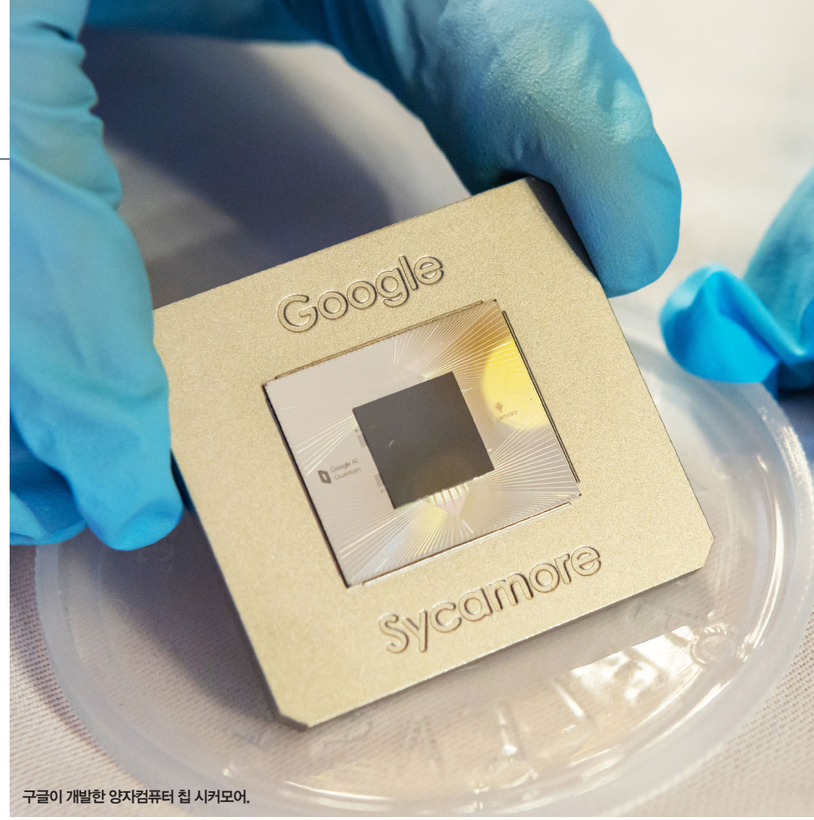
구글 퀀텀 AI랩

구글은 캘리포니아주 산타바바라에 양자컴퓨터 개발 연구소 '퀀텀 AI 캠퍼스'를 만들었다. 양자 데이터 센터, 양자 하드웨어 연구 실험실, 그리고 자체적인 양자 프로세서 칩 제조 시설이 있다. 연구를 통해 데이터를 구축하고, 이를 탑재할 수 있는 하드웨어 장치를 만들고, 오류를 수정하면서 목표치의 프로세서 칩을 만드는 원스톱 양자컴퓨터 기반을 구축했다.

구글 퀀텀 AI 랩에서는 양자컴퓨터 장치의 작동, 결과 측정을 위한 신호 생성 및 전달, 신호 판독 등에 필요한 극저온 장치와 배선 하드웨어를 개발한다.

연산의 오류를 수정하고, 알고리즘을 개발하는 작업도 이뤄진다. 규모에 맞는 큐빗 성능 개선을 위해 계측 및 보정 기술 개발이 이뤄지고 있으며, 초전도 프로세서 개발 작업도 이 랩에서 진행되고 있다.

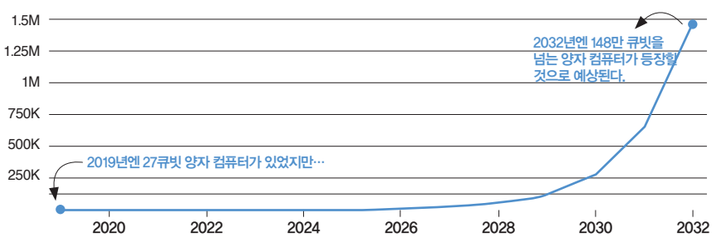
특히 퀀텀 슈프리머시(quantum supremacy)로 불리는 '양자 우위'에 대한 실험도 랩에서 진행되는데 해당 과정은 세



구글이 개발한 양자컴퓨터 칩 시커모어.

큐빗의 폭발적인 성장

퀀텀 컴퓨팅에서 정보 처리의 기본 단위인 큐빗은 가까운 미래에 폭발적으로 성장할 것으로 예측된다



(자료: IBM, Bernstein)