

# 양자 컴퓨팅 경쟁에서 우위를 점하는 약자 기술

(2023.02.26., 양자정보연구지원센터)

- 광학 ‘tweezer’ 포획된 개별 원자, 유망한 계산 플랫폼으로 부상
  - 실용적 양자 컴퓨터 구축 경쟁이 새로운 국면에 접어들고 있음
    - 수년 동안, 두 가지 주요 접근 방식 통해 컴퓨터 메모리 비트에 해당하는 큐비트 수를 늘려가면서 부분적으로 발전
    - 큐비트를 초전도 루프에서 실행되는 전류로 인코딩하는 방법과 전자기장에 의해 진공에 포획된 개별 이온의 여기 상태 사용하는 방법
    - 지난 2년 동안, 이온이 아닌 단일 중성 원자로 구성되고 레이저 빔으로 만든 ‘tweezer(핀셋)’ 으로 고정되는 큐비트가 경쟁력을 갖게 됨
  - 큐비트의 탐구
    - 양자 상태는 취약함, 얽힌 상태를 생성하기 위해 여러 큐비트에 걸쳐 확장된 정보는 연산이 진행됨에 따라 성능 저하 또는 손실 되는 경향이 있음
    - 가능한 오랫동안 상태 보존하려면 큐비트를 환경과 격리된 상태로 유지해야 하지만 계산 수행을 위한 상호작용으로 오래 고립될 수 없음(양자 컴퓨터 구축의 어려움)
    - Google은 54개 초전도 큐비트로 구성된 기계로 양자 우위 주장 (2019), IBM은 1,000큐비트를 처음으로 돌파한 Condor 양자 칩 공개, 2021년 127큐비트 Eagle 후속으로 433큐비트 Osprey 발표
  - 질(Quality)과 양(Quantity)
    - IBM 목표는 큐비트 수 증가뿐만 아니라 품질을 향상시키는 것, 일부 초전도 요소는 300 $\mu$ s 이상 동안 양자 상태 유지 가능
    - 각 큐비트는 제어 및 판독을 위해 외부 회로와 개별적 연결되어야 하므로 칩의 초전도 큐비트 수가 1,000개 넘어서면 비실용적
    - IBM은 모듈식 접근 방식, 2024년부터 여러 칩을 하나의 기계에

연결하는 것 목표로 함

- 이온 트랩 양자 컴퓨터는 부분적으로 각 이온 제어 위해 별도의 레이저 장치가 필요하며, 크기 제한 가짐
- 트랩을 칩당 약 32개 이온 열(row) 제한, IonQ는 자사 접근 방식 통해 최대 1,024 큐비트를 단일 칩에 담을 수 있으며, 여러 칩을 연결하는 모듈식 방식으로 전환 계획임

#### ○ 핀셋(tweezer) 기술

- 단단히 집중된 레이저 빔 사용, 중성 원자 포획하고 원자의 전자 상태 또는 원자 핵 스핀에서 큐비트 인코딩함, 곧 1,000큐비트 장벽에 진입 가능
- 핀셋 사용하여 200개 이상 중성 원자 배열 구축, 완전히 작동하는 양자 컴퓨터로 전환하기 위해 기존 기술을 신속히 결합
- 여러 유형의 핀셋을 결합할 수 있다는 이점으로, 다른 플랫폼보다 유연하게 만들 수 있는 기술
- 핀셋 기반 큐비트는 99% 오류가 없어야 하며 추가 개선에 상당한 작업이 필요함

#### ○ 스핀 제어

- 실리콘과 같은 기존 반도체 내부 전기장으로 포획된 개별 전자의 스핀에 정보를 인코딩하는 방법, 완전히 작동하는 6큐비트 기계 시연
- 반도체 기반 큐비트의 이점은 현재 컴퓨터 칩이 생산되는 곳에서 칩 제조 가능, 주사 터널링 현미경 팁 사용하여 원자 단위로 조립(UNSW)
- 아직 개념 단계인 위상학적 상태(topological states) 활용 방식이 있음

(원문)

1. <https://www.nature.com/articles/d41586-023-00278-9>