

# 자체 수정(self-correcting) 양자 컴퓨터

(2023.11.30., 양자정보연구지원센터)

## □ 하버트 팀, 오류 줄이는 방법으로 기술 확장에 주요 장벽 해결

- 양자 컴퓨터는 자체 수정이 불가능, 대규모 확장 및 상용화에 어려움
  - 기존 컴퓨터와 달리 인코딩된 데이터를 반복 복사하여 오류를 수정할 수 없음, 새 논문은 양자 오류 수정으로 알려진 오랜 문제를 해결할 수 있는 하버드 양자 컴퓨팅 플랫폼의 잠재력을 보여줌(Nature)
  - Harvard, MIT 및 보스턴에 본사를 둔 QuEra Computing 간 공동 작업
  - 레이저로 갇힌 매우 차가운 루비듐(rubidium) 원자 배열을 기반으로 구축됨, 각 원자는 매우 빠른 계산을 수행할 수 있는 비트(큐비트) 역할을 함
- 계산 중간에 원자를 이동하고 연결하여 레이아웃을 동적으로 변경할 수 있도록 “중성 원자 배열(neutral atom array)” 구성(업힘)
  - 2큐비트 논리 게이트(원자 쌍을 얽히게 하는 작업)는 컴퓨팅 성능의 단위
  - 양자 컴퓨터에서 복잡한 알고리즘을 실행하려면 많은 게이트가 필요함, 이러한 게이트 연산은 오류 발생이 쉽고 오류가 누적되면 알고리즘을 쓸모없게 만듦
  - 새로운 논문에서, 오류율이 매우 낮은 2큐비트 얽힘 게이트의 거의 완벽한 성능을 보고함, 처음으로 0.5% 미만의 오류율로 원자를 얽히게 하는 능력 입증
  - 연산 품질 측면, 초전도 큐비트 및 이온 트랩 큐비트와 같은 다른 주요 유형의 양자 컴퓨팅 플랫폼과 기술 성능을 동등하게 만듦
  - 하버드 접근 방식은 큰 시스템 크기, 효율적인 큐비트 제어 및 원자 레이아웃을 동적으로 재구성하는 능력으로 인해 경쟁사에 비해 큰 이점을 가지고 있음

- 중성 원자 기반의 대규모 오류 수정 장치를 구상할 수 있을 만큼 물리적 오류가 낮음을 확인
  - 정보가 구성 원자 사이에 비국소적으로 저장되는 논리 큐비트로 원자를 그룹화하면, 이러한 양자 오류 수정 논리 큐비트는 개별 원자보다 오류가 훨씬 낮을 수 있음
- 양자 오류 수정 알고리즘과 대규모 양자 컴퓨팅의 토대 마련, 중성 원자 배열 양자 컴퓨팅의 잠재력을 최대한 발휘하고 있음
  - 확장 가능한 양자 컴퓨팅에서 매우 특별한 기회 제공
- 중성 원자 양자 컴퓨터의 고충실도 병렬 얽힘 게이트(*Nature*, 2023)
  - 중성 원자 배열은 최근 수백 큐비트에 대해 일관된 제어 및 유연하고 동적 재구성 가능한 아키텍처에서 모든 게이트 연결을 특징으로 하는 유망한 양자 컴퓨팅 플랫폼으로 부상함
  - Rydberg 상호 작용을 통해 중재되는 얽힘 연산의 오류를 줄이는 것, 최대 60개 원자에 대해 99.5% 충실도를 갖는 2큐비트 얽힘 게이트 실현을 보고, 오류 수정을 위한 표면 코드 임계값 초과
  - 최적의 제어, 원자 암흑 상태 기반으로 빠른 단일 펄스 게이트 사용하여 산란을 줄이고 Rydberg 여기 및 원자 냉각 개선
  - 반복되는 게이트 애플리케이션 기반으로 여러 방법 사용하여 충실도를 벤치마킹하고 물리적 오류 원인을 특성화
  - 더 많은 수의 큐비트를 포함하는 얽힘 게이트 설계 방법을 일반화, 이는 낮은 오류의 3큐비트 게이트 실현함으로써 입증됨
  - 확장 가능하고 고도로 연결된 시스템에서 높은 충실도 연산을 가능하게 함으로써 양자 알고리즘, 오류 수정 회로 및 디지털 시뮬레이션의 대규모 구현의 토대 마련함

(원문)

1. <https://news.harvard.edu/gazette/story/2023/10/self-correcting-quantum-computers-within-reach-error-correction-entanglement/>