

# 양자 컴퓨터 오류를 지우는 새로운 방법

(2023.10.25., 양자정보연구지원센터)

- Caltech, 양자 컴퓨팅 시스템의 “삭제(erasure)” 오류 식별 및 수정하도록 설계된 양자 지우개를 성공적으로 시연(*Nature*)
  - 고에너지 상태로 자극된 중성 원자를 사용, 얽힘 충실도를 크게 향상시켜 1,000개의 원자 쌍 중 하나만 실패하는 얽힘 비율 도달
    - 일반적으로 양자 컴퓨터에서 오류 감지는 매우 어려움, 오류를 찾는 행위만으로 더 많은 오류가 발생하기 때문
    - 신중한 제어를 통해 결과 없이 특정 오류를 정확하게 찾아 지울 수 있음을 보여줌
  - 중성 원자 배열(전하가 없는 원자)을 사용한 양자 컴퓨팅 플랫폼
    - 레이저 빛으로 만들어진 “핀셋(tweezers)” 내부에 갇힌 개별 알칼리토류(alkaline-earth)\* 중성 원자를 조작함, 원자는 이웃 원자가 상호 작용하기 시작하는 고에너지 상태, 즉 “리드버그(Rydberg)” 상태로 여기됨
      - ※ Alkaline-earth: 주기율표 두 번째 열에 있는 알칼리토류, Mg, Ca, Sr 포함하는 원자는 외부 영역 또는 껍질에 두 개의 전자를 가지고 있음
    - 이 양자 시스템의 원자는 서로 대화하고 얽힘을 생성함, 자연은 이러한 양자 얽힘 상태에 머무르는 것을 좋아하지 않음
    - 오류 발생을 완전히 방지하는 방법이 명확하지 않기 때문에 현재 실행 가능한 유일한 옵션은 오류를 감지하고 수정하는 것임
  - 새로운 오류 포착 시스템, 잘못된 원자가 레이저에 닿으면 형광을 발하거나 빛을 내는 방식으로 설계됨
    - 오류가 있는 위치를 알려주는 빛나는 원자의 이미지가 있으므로, 이를 최종 통계에서 제외하거나 추가 레이저 펄스를 적용하여 적극 수정할 수 있음
    - 중성 원자 시스템에서 삭제 감지 구현 이론은 프린스턴 대학 전

기 및 컴퓨터 공학 연구팀이 처음 개발(*Nature* 시연)

- Caltech, Rydberg 원자 시스템에서 오류 제거하고 찾아냄으로써 전반적인 얽힘 속도 또는 충실도 향상
  - 새로운 연구에서 1,000개의 원자 쌍 중 단 한 쌍만이 얽히지 않는다고 보고함, 이전 달성보다 10배 향상된 것이며 이러한 유형의 시스템에서 관측된 얽힘 비율 중 가장 높은 수치임
  - 이 결과는 Rydberg 중성 원자 배열을 사용하는 양자 컴퓨팅 플랫폼에 좋은 징조임
- 충실도 높은 Rydberg 양자 시뮬레이터의 삭제 변환(eraser conversion)
  - 오류 최소화와 이해는 잡음 있는 중간 규모 양자(NISQ) 장치와 내결함성 양자 계산을 위해 양자 과학에 매우 중요함
  - Rydberg 배열은 인상적인 시스템 크기 및 삭제 오류 변환의 한 형태인 단일 원자 분해능 누출 오류(leakage error)를 감지하여 오류 수정 임계값을 크게 향상시킬 방법 제안, 탁월한 플랫폼으로 부상함
  - 그러나 Rydberg 원자배열의 2-큐비트 얽힘 충실도는 경쟁사보다 뒤떨어져 있으며 일반적으로 물질 기반 큐비트에 대해 아직 실현되지 않음
  - Rydberg 양자 시뮬레이터를 사용하여 삭제 변환과 충실도 높은 벨 상태 생성을 모두 보여줌, 알칼리토류 원자의 빠른 이미징을 통해 관찰된 삭제 오류가 있는 데이터를 삭제할 때 벨 상태 충실도가 개선됨
  - Rydberg 기반 얽힘이 0.999 체제에서 충실도에 도달할 수 있는 능력을 보여주면, 더 높은 충실도는 기술 개선의 문제이며, NISQ 장치에서 삭제 변환 활용을 보여줌

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2023/10/12/a-new-way-to-erase-quantum-computer-errors/>
2. <https://www.caltech.edu/about/news/a-new-way-to-erase-quantum-computer-errors>