

# 빠른 광자 매개 얽힘 달성으로 양자 기술 발전

(2024.09.26., 양자정보연구지원센터)

## □ 트랩 이온 사이에서 빠른 광자 매개(Photon-Mediated) 얽힘 시연

- Duke Quantum Center 주도, 바륨(Barium) 이온 사이의 얽힘 비율에서 신기록
  - 연속적인 공감 냉각을 위해 이터븀 이온 사용
  - 양자 네트워킹 및 기타 양자 기술 발전에 중요한 성과
- 트랩 이온(trapped ions)과 양자 네트워킹
  - (트랩 이온의 장점) 환경 잡음으로부터 자연스럽게 격리되어 큐비트로 사용 가능, 긴 시간 동안 결맞음을 유지하며 안정적 운영 가능
  - (광자 매개 얽힘의 도전 과제) 먼 거리의 이온 간 얽힘 설정은 기술적으로 어려움, 광자의 확률적 방출 및 검출로 인해 얽힘 생성이 복잡
  - (실험에서 성과) 두 개의 바륨 이온을 단일 광자를 이용해 얽힘 상태로 만듦, 얽힘 충실도(fidelity) 94% 이상 달성
- 연속 냉각 기술과 이터븀(Ytterbium) 이온
  - (실험에서 사용된 연속 냉각 기술) 이터븀 이온을 사용한 연속 공감 냉각(sympathetic cooling) 도입, 이온의 가열 문제 해결 및 안정적 얽힘 유지
  - (기존 실험의 문제점) 얽힘 시도 중 이온이 가열되면 재냉각이 필요, 시간 지연 발생, 가열은 광자 방출로 인한 미세한 반동 때문
  - (연속 냉각의 성과) 재냉각 없이 연속적인 얽힘 시도 가능, 1MHz 연속 얽힘 시도 속도와 초당 250개의 얽힘 상태 달성, 기존 기록인 초당 182개의 얽힘 상태에서 약 37% 개선

○ 광자 매개 얽힘의 메커니즘

- (얽힘 생성 과정) 두 바륨 이온을 특정 양자 상태로 준비, 광자 방출 후 고정밀 광학 장비로 광자 수집, 광자 간 간섭을 통해 이온을 얽힘 상태로 변환
- (성과 및 향후 개선점) 광자 수집 효율성 23%로 기존보다 높은 성과, 얽힘 성공률은 약 1/4000, 제어 시스템 개선으로 향상 가능

○ 확장 가능한 양자 네트워크를 향한 도전

- (대규모 양자 시스템 연결의 필요성) 먼 거리에서 큐비트를 높은 충실도로 연결하는 것이 관건, 광자 매개 얽힘은 이를 해결할 유망한 방법
- (실험의 의의) 광자 수집의 비효율성을 개선하고 연속 냉각으로 성과 향상, 먼 거리의 양자 노드 연결 가능성을 보여줌, 대규모 양자 컴퓨터 및 통신 네트워크 구축에 중요한 단계

○ 양자 기술 전반에 미치는 영향

- (양자 컴퓨팅 외 다양한 응용 가능성)
- 양자 통신: 얽힘 상태를 이용한 양자 키 분배 등 보안 통신
- 양자 센싱: 얽힘된 센서를 통한 고정밀 측정 가능
- 양자 시뮬레이션: 복잡한 양자 시스템의 시뮬레이션에 응용 가능
- (향후 연구 방향) 광자 수집 효율성 추가 향상 방안 모색, 더 빠른 제어 전자 장비 도입으로 얽힘 성공률 개선, 다른 이온 종을 이용한 연구 가능성 탐구

○ 연구팀 및 협력기관

- (연구팀) Duke Quantum Center 소속 연구진
- (협력기관) 메릴랜드 대학교 공동 양자 연구소(Joint Quantum Institute), 국립표준기술연구원(NIST), 인텔(Intel Corp.) 등

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/09/04/researchers-achieve-fast-photon-mediated-entanglement-to-advance-quantum-technologies/>