

# 양자컴퓨팅의 새 지평: QSA, 이온 트랩 기술 획기적 진전

(2025.06.18., 양자정보연구지원센터)

## □ 이온 트랩 기반 양자컴퓨팅의 발전(QSA, Quantum System Accelerator)

### ○ 배경 및 의의

- Quantum Systems Accelerator(QSA)는 기존 컴퓨터를 뛰어넘는 유연하고 안정적인 양자컴퓨터 실현을 위한 연구를 지속 중
- 이온 트랩 시스템은 전기장과 레이저를 이용해 이온을 포획하고 조작하는 방식으로, 긴 양자 결맞음 시간과 높은 제어력을 제공함

### ○ Enchilada 트랩 아키텍처 개발(샌디아 국립연구소)

- 최대 200개 이온 저장 가능한 트랩 칩 “Enchilada trap” 개발 및 초기 테스트 진행
- RF 전극 높이고 절연 물질 제거해 정전 용량 및 전력 손실 감소
- 향후 수천 개 큐비트 저장 가능한 대규모 양자 트랩 구현에 활용 가능
- 듀크대, 코넬대와 공동 연구 수행 중

### ○ 병렬 게이트 연산 기술 개발(메릴랜드 대)

- 이온 트랩 연산의 병렬성 확보를 위해 공간 방향에 따라 다른 진동 모드를 사용하여 간섭 없이 병렬 연산 수행
- 기존의 순차적 연산 한계를 극복하며 처리속도 및 안정성 향상에 기여
- 저비용 고정밀 병렬 연산의 가능성 확인

### ○ squeezing을 통한 다중 이온 얽힘 기술(듀크대)

- 기존의 쌍 간 얽힘 방식 대신 다수 이온을 동시에 얽히게 하는 스퀴징 기술 적용
- 스핀-의존 방식으로 위치 및 운동 상태를 조작하며 복잡한 다체

상호작용 구현 가능

- 새로운 형태의 얽힘 게이트 및 양자 해밀토니언 구현 가능성 제시

○ 중간 회로 측정 기술(메릴랜드대)

- 연산 중 특정 이온을 공간적으로 분리하여 간섭 없는 측정 가능
- LWE(Learning With Errors) 문제, 양자 벨 테스트 기반의 양자 우위(quantum advantage) 검증 성공
- 중간 측정을 통해 양자 컴퓨터의 ‘양자성’ 을 정량적으로 입증

○ 결론 및 전망

- 이온 트랩 시스템은 뛰어난 제어성과 확장성을 바탕으로 양자컴퓨팅의 핵심 플랫폼으로 부상
- 병렬 처리, 스퀴징 기반 얽힘, 중간 회로 측정 등 핵심 기술의 진보가 양자컴퓨터의 실용화에 기여
- QSA 연구는 효율적이고 신뢰성 높은 양자컴퓨터 시대를 앞당기는 데 중추적 역할 수행 중

○ Quantum Systems Accelerator(QSA)

- 미 에너지부(DOE) 주도로 설립된 양자정보과학 연구 컨소시엄
- 양자 컴퓨팅의 실용화를 가속화하기 위한 핵심 연구 수행
- 주요 플랫폼으로 이온 트랩, 초전도 큐비트 등을 포함하며, 안정성, 확장성, 병렬 처리, 오류 수정 등 ekid한 분야에서 기술적 돌파구 마련
- 샌디아 국립연구소, 듀크대 메릴랜드대 등 주요 기관 협력, 미래 대규모 사용 양자 컴퓨터 실현을 목표로 함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/06/13/breaking-ground-in-quantum-computing-qsas-trapped-ion-advances/>