

Caltech 연구진, 소리로 양자 정보 저장 방법 개발

(2025.09.03., 양자정보연구지원센터)

□ 캘리포니아공대 연구진, 소리를 이용해 양자 정보를 기억

○ 연구 개요

- (배경) 기존 컴퓨터는 비트(bit, 0 또는 1) 기반으로 정보를 저장
- 양자 컴퓨터는 큐비트(qubit) 기반, 0과 1 상태를 동시에 가질 수 있는 중첩(superposition) 가능
- 양자 컴퓨팅의 핵심은 이런 중첩을 이용해 고전적 컴퓨터로는 해결하기 어려운 문제를 다루는 것
- (문제점) 기존 양자 컴퓨터는 대부분 초전도 전자 시스템 기반
- 초전도 큐비트는 계산(logical operations)에 강하지만, “정보 저장(quantum state 저장)”에는 약점 존재
- 장기간 양자 상태를 보존할 수 있는 양자 메모리(quantum memory) 필요
- (연구 목적) Caltech 연구팀은 전기 정보를 소리(phonons)로 변환하는 하이브리드 방식의 양자 메모리 개발
- 기존 기술 대비 양자 상태 저장 시간 최대 30배 증가 목표

○ 연구방법

- (장치 구조) 초전도 큐비트와 기계적 진동자(mechanical oscillator, 작은 튜닝 포크) 연결
- 진동자는 기가헤르츠(GHz) 주파수의 소리 파동으로 진동
- 전하가 진동판에 놓이면 전기 신호와 상호작용 → 양자 정보 저장 및 회수 가능
- (실험 절차) 양자 정보 입력 후, 진동자가 양자 상태를 얼마나 오래 유지하는지 측정
- 기존 초전도 큐비트와 비교하여 30배 긴 수명 확인

- (하이브리드 방식 장점) 음향파는 전자기파보다 느려 작은 장치 구현 가능
- 기계적 진동은 자유공간으로 에너지 손실 없음 → 저장 시간 연장
- 여러 튜닝 포크를 하나의 칩에 집적 가능 → 확장성 있는 양자 메모리 가능성

○ 연구 성과 및 의의

- (연구 결과) 양자 정보 저장 시간 기존 초전도 큐비트 대비 30배 증가
- 에너지 누설 최소화, 고밀도 칩 설계 가능
- 전기 ↔ 음향 상호작용 최소화로 양자 정보 손실 억제
- (장기적 의의) 양자 컴퓨팅에서 필요 시 정보를 저장하고 불러오는 능력 확보
- 하이브리드 시스템의 상호작용률을 3~10배 향상하면 실용적 양자 메모리 구현 가능
- 음향 기반 메모리는 고전적 전자 기반 메모리 대비 소형화 · 확장성 · 저손실 장점

○ 결론

- 이번 연구는 초전도 큐비트 기반 양자 정보 저장의 한계를 극복하고, 소리(phonons)를 활용한 하이브리드 양자 메모리로 장기 저장 가능성을 입증
- 상호작용률 향상 → 빠른 데이터 입출력 가능
- 칩 내 여러 진동자 집적 → 확장성 있는 양자 메모리 구현
- 계산 중심 양자 컴퓨터에서 저장 기능을 강화
- 실용적 양자 컴퓨팅 플랫폼 개발에 기여

(원문)

1. <https://www.caltech.edu/about/news/new-device-opens-door-to-storing-quantum-information-as-sound-waves>
2. <https://thequantuminsider.com/2025/08/14/caltech-scientists-use-sound-to-remember-quantum-information/>