

# 여러 개의 양자 칩 연결, 더 크고 신뢰성 높은 양자컴퓨터 구축

(2025.09.22., 양자정보연구지원센터)

## □ 여러 개의 양자 칩을 연결해 더 크고 신뢰성 높은 양자컴퓨터 구축

### ○ 연구 배경

- 현재 양자컴퓨터는 화학, 소재 과학, 보안 연구 등에 활용되고 있으나, 대부분 규모가 작아 대규모 응용에는 한계가 있음
- 확장성(scalability) 확보는 양자컴퓨터 실용화를 위한 핵심 과제 → 많은 수의 큐비트와 오류 내성(fault tolerance)이 동시에 필요
- 기존 접근은 단일 칩 내 큐비트 수를 늘리는 방식 → 물리적 제약과 오류 누적 문제로 한계에 직면
- 캘리포니아대 리버사이드(UCR) 연구팀은 여러 개의 작은 칩을 연결하여 대규모 양자시스템을 구성하는 새로운 접근 제안

### ○ 연구 목적

- 완전히 새로운 칩을 설계하는 것이 아닌, 기존 칩을 연결하여 대규모 시스템을 구축할 수 있는 가능성 검증
- 연결 과정에서 발생하는 “잡음(noise)” 과 “에러율(error rate)” 이 오류 정정을 방해하지 않는지 실험적으로 확인
- 현실적인 파라미터와 기존 인프라(구글 Quantum AI 기반)에서 동작 가능한 확장 아키텍처 모델 제시

### ○ 연구 방법 및 접근

- 연구팀: Mohamed A. Shalby(박사과정, UCR 물리·천문학과) 주도, 독일 슈투트가르트 대학 및 UCR 연구진 협업
- 시뮬레이션: 수천 건의 실험적 시뮬레이션 수행, 6가지 모듈형 아키텍처 설계 및 다양한 연결 방식 검증
- 칩 간 연결 잡음이 칩 자체보다 최대 10배 이상 높은 경우까지 가정
- 오류 정정 기법: 서피스 코드(surface code) 활용 → 현재 가장

## 널리 연구되는 양자 오류 정정 방법

- 기반: 구글 Quantum AI 연구팀이 개발한 시뮬레이션 툴 사용

### ○ 주요 결과

- 칩 간 연결 잡음이 크더라도, 개별 칩의 연산이 높은 충실도 (fidelity)를 유지하면 오류 검출 및 수정 가능
- 완벽한 하드웨어가 없어도 확장형 양자컴퓨터 구축 가능성을 의미
- 단순히 큐비트 수를 늘리는 것보다, 신뢰할 수 있는 오류 내성 시스템이 대규모 양자컴퓨터의 필수 조건임을 입증(*Physical Review A* 발표)

### ○ 연구 의의

- 확장성과 신뢰성 동시 확보: 기존 칩을 병렬적으로 연결해 대형 시스템을 구축할 수 있음
- 실용화 촉진: 현재 보유한 칩으로 당장 활용 가능한 하드웨어 구조 가능성 제시
- 산업적 파급효과: 신약개발, 금융, 암호 등 고부가가치 분야에서 대형 양자컴퓨터 상용화 앞당길 수 있음
- 학문적 기여: MIT 선행 연구를 발전시켜 실제 하드웨어 기반 확장성 검증 사례 제시

### ○ 결론 및 제언

- 다중 칩 연결 통한 오류 내성 양자 아키텍처 가능성 최초 체계적 입증
- 칩 간 연결이 완벽할 필요가 없으며, “충분히 좋은” 연결 품질만 보장되면 확장 가능한 시스템 구축 가능
- 다양한 연결 구조와 하드웨어 플랫폼에서의 실험 검증이 필요
- 실제 하드웨어 구현 시, 다중 냉각 시스템 간의 연결 안정성 확보 및 최적화된 오류 정정 알고리즘 개발이 중요
- 장기적으로 대규모 · 신뢰성 · 경제성을 갖춘 양자컴퓨터 실현을 위한 새로운 패러다임을 제시

### (원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/08/26/linking-multiple-quantum-chips-to-build-larger-more-reliable-quantum-computers/>