

# Quantum-System-on-Chip, 대규모 큐비트 배열 제어 가능

(2024.06.18., 양자정보연구지원센터)

- 양자 시스템 온 칩(Quantum-System-On-Chip)은 대규모 큐비트 배열의 효율적인 제어를 가능하게 함
  - MIT와 MITRE 연구팀, 맞춤형 집적 회로에 수천 개의 상호 연결된 큐비트를 통합한 확장 가능한 모듈형 하드웨어 플랫폼 시연
    - “양자 시스템 온 칩(QSoC)” 아키텍처는 연구진이 밀집 배열의 큐비트를 정밀하게 조정하고 제어할 수 있게 함
    - 여러 칩을 광학 네트워킹을 통해 연결하여 대규모 양자 통신 네트워크를 만들 수 있음
    - QSoC 아키텍처는 11개의 주파수 채널을 통해 큐비트를 조정하여 대규모 양자 컴퓨팅을 위한 “얽힘 다중화(entanglement multiplexing)” 라는 새로운 프로토콜을 가능하게 함
  - 다이아몬드 마이크로칩렛(Diamond microchips)
    - 연구팀은 다이아몬드 컬러 센터를 사용하여 큐비트를 제조, 이를 CMOS 칩에 대규모로 전송하는 제작 공정을 개발함
    - 다이아몬드 블록에서 다이아몬드 컬러 센터 마이크로칩렛 배열을 제작하고 나노스케일 광학 안테나를 설계 및 제작함
  - 고정 및 방출 제작(Lock-and-release fabrication)
    - 연구팀은 실험실에서 고정 및 방출 공정을 적용하여 다이아몬드 마이크로칩렛을 CMOS 칩의 소켓에 고정함
    - 이 접근 방식을 통해 수천 개의 다이아몬드 칩렛을 한 번에 해당 소켓으로 전송할 수 있음
    - 연구팀은 시스템을 특성화하고 대규모로 성능을 측정하기 위한 맞춤형 극저온 광학 측정 설정을 구축함

- 이 기술을 통해 스핀 및 광학 특성을 유지하면서 동일한 주파수로 조정할 수 있는 4,000개 이상의 큐비트가 있는 전체 칩을 시연함
- 디지털 트윈 시뮬레이션을 구축, 관찰된 현상의 근본 원인을 이해하고 아키텍처를 효율적으로 구현하는 방법을 결정함
- CMOS 플랫폼과 스핀-광자 인터페이스의 이종 통합(Heterogeneous integration of spin-photon interfaces with a CMOS platform, *Nature*)
  - 다이아몬드 컬러 센터는 양자 기술을 발전시키기 위한 주요 고체 상태 플랫폼으로 부상, DiVincenzo 기준을 충족시키고 최근 비밀 키 분배에서 양자 우위를 달성함
  - 로컬 양자 통신 네트워크를 사용하는 범용 양자 컴퓨팅에 수백만 개의 물리적 큐비트가 필요하다고 밝힘, 확장성 문제 제기
  - 응용 맞춤형 집적 회로에 2차원 양자 마이크로칩렛 배열로 구성된 수천 개의 개별 주소 지정 가능한 주석 공극(tin vacancy) 스핀 큐비트를 통합하는 모듈형 양자 시스템 온 칩 아키텍처 소개
  - 대규모 이종 통합을 위한 ‘고정 및 방출’ 방법, 고처리량 스핀 큐비트 보정 및 스펙트럼 조정, 효율적인 스핀 상태 준비 및 측정을 포함한 중요한 제조 단계와 아키텍처 구성 요소 시연함
  - QSoC 아키텍처는 스핀-포톤 주파수 채널 전반에 걸친 스펙트럼 조정을 통해 양자 메모리 배열에 대한 완전 연결성을 지원함
  - 측정을 기반으로 한 설계 연구는 큐비트 밀도 증가, 더 큰 QSoC 활성 영역 및 QsoC 모듈 간 광학 네트워킹을 통해 추가 확장 가능성을 나타냄

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/06/04/quantum-system-on-chip-enables-efficient-control-of-large-qubit-array/>