

# Qubit 아키텍처로 양자 오류 수정에 대한 진전 달성

(2024.04.16., 양자정보연구지원센터)

- MIT, 새로운 초전도 큐비트 아키텍처 시연으로 오류 수정 해결 보고
  - 일반적인 초전도 큐비트보다 수명이 더 긴 플럭소늄(fluxonium) 활용
    - 양자 컴퓨팅은 계산 오류가 발생하기 전에 양자 오류 수정 코드가 계산 오류를 더 빠르게 처리할 수 있어야 함
    - MIT 연구진이 사용한 아키텍처는 두 개의 플럭소늄 큐비트 사이의 특별한 결합 요소가 포함, 논리 연산인 게이트를 매우 정확하게 수행할 수 있음
    - 이 방법을 통해 99.9% 이상의 정확도를 가진 이중 큐비트 게이트와 99.99% 정확도를 가진 단일 큐비트 게이트를 구현할 수 있음
    - 아키텍처를 확장 가능한 제조 공정을 사용하여 칩에 구현함
  - 플럭소늄(fluxonium) 큐비트에 대한 새로운 접근
    - 정확도를 측정하는 신뢰도는 게이트에서 수행된 양자 연산의 정확도를 측정함, 최고의 신뢰도를 가진 게이트는 양자 오류가 기하급수적으로 누적되기 때문에 필수적임
    - 대규모 시스템에서 수십억 개의 양자 연산이 발생하면, 작은 오류에도 전체 시스템이 빠르게 실패하게 만들 수 있음
    - 실제로, 낮은 오류율을 달성하기 위해 오류 수정 코드를 사용할 것임, 이러한 코드 구현을 위해 연산이 뛰어넘어야 하는 “신뢰도 임계값(fidelity threshold)” 이 있음, 오류 수정 코드 구현에 필요한 오버헤드를 줄일 수 있음
    - 대부분 양자 컴퓨터 구축하기 위해 transmon 큐비트를 사용해 오, 최근 등장한 fluxonium 큐비트는 transmon 큐비트보다 긴 수명 또는 결맞음 시간을 가짐

- 결맞음 시간은 큐비트가 정보가 손실되기 전에 연산이나 알고리즘을 실행할 수 있는 시간을 측정함
- 긴 결맞음 시간을 갖는 큐비트를 지원하는 아키텍처에서 매우 견고하고 고신뢰의 게이트 지원하는 방법을 처음으로 찾음, 전통적인 transmon 큐비트보다 약 10배 더 긴 결맞음 시간을 달성
- fluxonium 큐비트는 확장가능한 초전도 큐비트 기술의 설계와 제작에 대한 전문지식을 갖고 있는 MIT Lincoln Laboratory(MIT-LL)과 협력을 통해 개발됨
- 특히 fluxonium 및 다른 새로운 큐비트 회로를 위해 100개 이상의 조셉슨 접합을 밀도 있게 구성할 수 있는 능력을 개발

○ Fluxonium 큐비트의 강력한 연결

- 혁신적 아키텍처는 중간에 튜닝 가능한 트랜스몬 커플러를 가진 두 개의 fluxonium 큐비트가 있는 회로를 포함, fluxonium-transmon-fluxonium (FTF) 아키텍처는 두 개의 fluxonium 큐비트를 직접 연결하는 방법보다 더 강한 결합을 가능하게 함
- FTF는 양자 연산 중 발생하는 원치 않는 배경 상호 작용을 최소화함, 일반적으로 큐비트 간 더 강한 결합은 정적 ZZ 상호 작용이라는 지속적인 배경 소음을 더 많이 유발함, FTF 아키텍처는 이러한 문제를 해결함
- 원치 않는 상호 작용을 억제할 수 있는 능력과 fluxonium 큐비트의 더 긴 결맞음 시간은 단일 큐비트 게이트 신뢰도를 99.99%로, 이중 큐비트 게이트 신뢰도를 99.9%로 시연할 수 있게 함
- 이러한 게이트 신뢰도는 일부 오류 수정 코드에 필요한 임계값을 크게 초과하며, 보다 큰 규모의 시스템에서 오류 검출을 가능하게 할 것으로 예상됨

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/04/13/mit-qubit-architecture-achieves-progress-on-quantum-error-correction/>

