

# Super 초전도 큐비트 보고

(2024.07.24., 양자정보연구지원센터)

- Super Superconducting qubit, dual-rail qubit, built-in error detection 보고
  - 새로운 큐비트 개발, 오류 검출 및 수정 능력 크게 향상, 더 신뢰할 수 있고 확장 가능한 양자 컴퓨터로 이어질 수 있음을 보고
    - Yale 대학, Yale Quantum Institute 및 Quantum Circuits Inc. 연구팀은 내장된 오류 검출 기능을 포함한 이중 레일 큐비트(DRQ, Dual-Rail Qubit) 구현 설명(*Nature Physics* 발표)
    - 이 개발이 실용적이고 확장 가능한 양자 컴퓨팅으로 가는 여정을 가속화
    - DRQ는 오류 검출을 사용하여 상태 준비 및 측정(SPRM)과 큐비트 결맞음 등 확장 가능한 양자 컴퓨팅에 필수적인 여러 주요 지표에서 업계 최고 성능을 제공함
  - 혁신적인 이중 레일 큐비트 디자인
    - 이중 레일 인코딩 개념은 새로운 것이 아니지만, 연구팀은 이 접근 방식이 물리적 잡음을 최소화하고 높은 제어 수준을 유지하여 이중 레일의 잠재력을 크게 향상시킨다고 설명함
    - DRQ는 두 개의 고성능 공진기를 사용하여 구성되며, 두 공진기 사이에서 단일 광자로 양자 정보를 인코딩함
    - DRQ는 기존 큐비트의 모든 기능을 수행하면서도 주요 오류를 감지할 수 있는 중요한 기능을 추가함
  - 기록적인 성능 지표
    - DRQ가 기존 초전도 큐비트보다 우수한 여러 주요 지표에서 뛰어난 성능을 발휘한다고 보고함
    - 상태 준비 및 측정(SPAM, state preparation and measurement) 정확도가 99.99% 수준에 도달했으며, 이는 표준 초전도 장치보다 약 두 배 이상 향상된 것임

- DRQ는 기존 초전도 큐비트보다 약 30배 느린 속도로 위상 오류가 발생하며, 이는 약 3밀리초마다 발생함
- 실제 양자 컴퓨팅에 미치는 영향
  - DRQ의 느린 이상 오류는 큐비트의 안정성과 결맞음 시간을 증가시켜 보다 정확한 양자 계산을 가능하게 함
  - 비트 플립 오류도 약 1,000배 느리게 발생하여 약 10초에 한 번 발생함
- 장점 및 함의
  - 이러한 성능 개선은 양자 컴퓨팅에 여러 중요한 이점을 제공하며, 더 신뢰할 수 있고 정밀한 큐비트 작업을 가능하게 함
  - 오류를 검출하고 수정할 수 있는 DRQ의 능력은 실용적인 오류 수정에 필요한 자원을 줄여 줌
- 제한 사항 및 도전 과제
  - DRQ를 더 큰 양자 시스템에 통합하는 것은 여전히 도전 과제임
  - 오류 검출은 매우 효과적이지만, 아직 완벽하지 않음, 잘못된 오류 검출이 비효율성을 초래할 수 있으며, 이를 최소화하기 위한 하드웨어 및 알고리즘 개선이 필요함
  - DRQ를 실용적 응용에 구현하기 위해서는 제어 전자 장치 및 오류 수정 코드와 같은 주변 양자 인프라의 추가 발전이 필요함
- 미래 전망 및 응용
  - DRQ와 같은 혁신 덕분에 오류 검출을 활용하여 근시일 내 양자 알고리즘의 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대하고 있음
  - 연구팀은 오류를 먼저 처리하고 효율적으로 확장하여 오류를 수정한 양자 컴퓨터 구축이 목표라고 밝힘

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/07/09/super-superconducting-qubits-dual-rail-qubit-offer-built-in-error-detection-researchers-report/>