

Nord Quantique, 더 적은 큐비트로 오류 수정 향상

(2025.06.05. 양자정보연구지원센터)

- Nord Quantique 멀티모드 인코딩(Multimode encoding) 혁신, 더 적은 큐비트로 오류 수정 향상
 - Nord Quantique는 멀티모드 인코딩 기반 보소닉 큐비트 기술을 세계 최초로 성공적으로 개발
 - 양자 오류 수정(QEC)에 필요한 물리 큐비트 수를 획기적으로 줄일 수 있는 기술
 - 적은 수의 큐비트로 더 안정적이고 효율적인 양자 컴퓨팅 구현 가능
 - 실험에서는 ‘Tesseract 코드’ 라는 고급 보소닉 코드 사용
 - 비트 플립, 위상 플립, 제어 오류 등 일반적인 오류에 대한 보호 기능 제공
 - 단일 모드 인코딩에서 탐지 어려운 누설 오류(leakage error)까지 감지 가능
 - 실험 결과 및 안정성
 - 후처리(post-selection)를 통해 결함 있는 데이터 12.6% 걸러냄
 - 32번의 오류 수정 사이클을 거치면서도 양자 정보에 유의미한 손실 없이 안정적 유지
 - 더 많은 모드를 추가할 경우 오류 수정 능력 강화 가능성 기대
 - 멀티모드 인코딩의 핵심 개념
 - 하나의 물리적 큐비트(공진기)에 여러 개 양자 모드 동시 인코딩
 - 각각의 모드는 알루미늄 공동(공진기) 내에서 서로 다른 공진 주파수를 가짐
 - 모드에 존재하는 광자 수를 증가시켜 추가적인 오류 방어 가능
 - 효율성과 확장성의 장점

- 큐비트 수는 그대로 유지하면서도 오류 탐지와 수정 능력 향상
- 시스템 확장 시 물리 큐비트 대 논리 큐비트 비율을 1:1로 유지 가능
- 양자 컴퓨터의 크기, 에너지 사용량, 냉각 및 제어 전자장치 필요성 모두 절감됨
- 산업적 및 에너지 효율성 영향
 - 기존 양자 시스템 대비 소형화 + 에너지 효율성 우수
 - RSA-830 문제 예시: 1MHz 속도로 1시간 내 해결→120kWh 소비
 - 같은 문제를 고전 HPC로 해결 시: 9일간 280,000kWh 소비
- 장기적 파급 효과 및 향후 계획
 - 오류 억제, 신뢰도 기반 오류 감지 등 첨단 기능 확장 가능
 - 조용한 오류(silent error) 억제 → 논리적 수명 향상
 - 향후 시스템 확장 시 복합적 이점 증가 예상
 - 실용 규모(utility-scale)의 양자 컴퓨터로 가는 길 열림
- 전문가 평가 및 외부 반응
 - 멀티모드 Tesseract 상태 인코딩을 효과적인 오류 수정 방식(싱가포르 국립대 Yvonne Gao 교수)
 - 산업 전반에 유틸리티 스케일 양자 컴퓨팅 실현 가능성 제시
 - ‘Nord Quantique 팀의 발전을 중요한 진일보’ 라는 평가
- 모드 수를 증가시켜 시스템 성능 지속 개선 예정
 - 2029년까지 100개 이상 논리 큐비트 갖춘 유틸리티 스케일 양자 컴퓨터 출시 목표
 - 에너지 효율성, 신뢰성 중심으로 차세대 양자 시스템 개발 가속화 예정

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/05/29/nord-quantiques-multimode-encoding-advantage-means-fewer-qubits-and-better-error-correction/>