

중국 연구진, 데이터 병목 해결 목표로 QRAM 아키텍처 구현

(2026.07.12., 양자정보연구지원센터)

□ 중국 연구진, 데이터 병목 해결 겨냥한 양자 랜덤 액세스 메모리 (QRAM) 아키텍처 구현

- 중국 저장대 연구진, 초전도 양자 프로세서에서 양자 랜덤 액세스 메모리(QRAM) 아키텍처를 실험적으로 구현
 - 연구 결과는 Nature Physics에 게재됐으며, 기존 데이터의 양자컴퓨터 입력 과정에서 발생하는 병목 문제를 해결하기 위한 핵심 기술 가능성을 제시
 - 연구진은 회로 기반 '버킷 브리게이드(bucket-brigade)' QRAM 구조를 적용해 4비트 및 8비트 규모의 클래식 데이터 접근을 구현
 - 4비트 시스템은 약 81%, 8비트 시스템은 약 “60%”의 질의 정확도(Query Fidelity)를 기록
 - 연구진은 이번 성과가 QRAM 개념을 실제 양자 하드웨어에서 검증한 초기 실증 사례 가운데 하나라고 평가
- QRAM, 양자컴퓨터의 데이터 병목 해소를 위한 핵심 기반기술로 주목
 - 양자컴퓨터는 특정 연산에서 기존 컴퓨터보다 뛰어난 성능을 기대할 수 있으나, 대규모 클래식 데이터를 순차적으로 불러와야 하는 과정에서 성능 이점이 크게 감소
 - QRAM은 일반 메모리에 저장된 이진 데이터를 양자 중첩(superposition)을 유지한 상태에서 효율적으로 검색하도록 설계된 구조로, 양자 알고리즘의 병렬성을 최대한 활용하는 것을 목표로 함
 - 많은 양자 알고리즘은 QRAM과 같은 고속 데이터 접근 기능을 전제로 설계됐으나, 실제 구현 사례는 거의 없었음

○ QRAM과 양자 메모리는 서로 다른 기술

- “양자 메모리(Quantum Memory)”는 큐비트(양자정보)를 저장·보존하는 기술
- QRAM은 기존 컴퓨터의 클래식 데이터를 양자컴퓨터가 효율적으로 읽어오기 위한 데이터 접근 기술
- 즉, QRAM은 양자정보를 저장하는 장치가 아니라, 대규모 기존 데이터를 양자 연산에 활용하기 위한 인터페이스 역할을 수행

○ 연구진, 회로 최적화 및 오류 저감 기술도 함께 적용

- QRAM 내부는 양자 라우터를 이용한 이진 트리(Binary Tree) 구조로 구성돼 필요한 데이터를 보다 효율적으로 탐색
- 새로운 게이트 분해(Gate Decomposition) 기법을 적용해 기존 방식보다 회로 깊이를 줄이고 연산 복잡도를 완화
- 오류 완화(Error Mitigation) 기술을 함께 적용해 데이터 검색 정확도를 높였으며, 버킷 브리게이드 구조가 양자 노이즈에도 비교적 강인한 특성을 보이는 것으로 확인

○ 아직은 개념 검증 단계, 상용화까지는 상당한 기술 발전 필요

- 이번 실험은 4비트와 8비트 규모에 불과해 실제 산업 활용에 필요한 수백만~수억 개 데이터 처리 수준과는 큰 차이가 존재
- 시스템 규모가 커질수록 질의 정확도가 81%에서 60%로 감소하는 등 오류 누적 문제가 여전히 큰 과제로 남아 있음
- 연구진 역시 이번 성과를 실용적인 QRAM 구현이 아닌 초기 개념 검증(Proof of Concept) 단계로 평가

○ 양자컴퓨팅 생태계 경쟁 속 기반기술 확보 의미

- 중국은 최근 발표한 제15차 5개년 계획에서 양자기술을 7대 미래 전략산업 가운데 하나로 지정하며 국가 차원의 육성을 추진
- 미국 역시 IBM 등 민간기업과 정부 투자를 통해 양자컴퓨팅 연

구개발을 확대하고 있으며, 프로세서뿐 아니라 메모리·네트워크·데이터 접근 기술 등 기반기술 확보 경쟁도 심화되는 추세

- 이번 성과는 양자 프로세서 성능 경쟁을 넘어 양자컴퓨팅 시스템 전반을 구성하는 핵심 요소 기술 확보 측면에서도 의미가 있는 사례로 평가됨

○ 향후 활용 가능성

- 대규모 QRAM이 구현될 경우 신약 개발을 위한 분자 데이터베이스 분석, 금융권 이상거래 탐지, 대규모 데이터 검색 등 다양한 분야에서 양자컴퓨터 활용성을 높일 것으로 기대
- 특히 양자 기반 인공지능(AI)에서 머신러닝, 자연어처리(NLP), 이미지 인식 등에 필요한 대용량 데이터 접근 효율을 향상시키는 핵심 기술로 활용될 가능성이 제기됨
- 다만 실제 산업 적용을 위해서는 대규모 확장성 확보와 오류율 개선 등 해결해야 할 기술적 과제가 여전히 많다는 평가

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/06/05/chinese-scientists-demonstrate-quantum-random-access-memory-architecture-aimed-at-solving-data-bottleneck/>