

Google 양자 AI, SC보다 13,000배 빠른 시뮬레이션 달성

(2025.11.10., 양자정보연구지원센터)

- 구글 양자 AI, 세계 최고 슈퍼컴퓨터보다 13,000배 빠른 시뮬레이션 시연
 - 구글 양자 AI 연구팀이 양자 컴퓨터로 수행한 물리 시뮬레이션이 고전적 슈퍼컴퓨터보다 약 13,000배 빠르게 수행되며, ‘실질적 양자 우위(practical quantum advantage)’ 달성을 향한 중요한 진전을 이룸.
 - 65큐비트 초전도 양자 프로세서(Willow chip)를 사용해 ‘제2차 비시간순 상관함수(OTOC(2))’ 를 측정함(*Nature*에 게재)
 - 동일 계산을 세계 최고 성능의 슈퍼컴퓨터 Frontier에서 수행할 경우 약 3.2년이 소요되나, 구글 양자 장치는 약 2.1시간 만에 완료
 - 실험은 양자 정보가 혼돈 속에서 얽히고 풀리는 과정을 시뮬레이션함으로써, 기존 고전적 시뮬레이션으로는 계산이 불가능한 복잡한 양자 간섭 현상을 재현함
 - 연구팀은 ‘Quantum Echoes’ 알고리즘을 통해 시스템을 시간적으로 전·후진시켜 간섭 패턴을 측정하는 에코 프로토콜을 구현.
 - 이 알고리즘은 ‘나비 효과’로 불리는 미세한 섭동이 얽힘을 통해 전파되는 양상을 관찰 가능하게 하며, 양자 혼돈의 본질을 탐구하는 새로운 도구로 평가됨
 - OTOC(2) 측정을 통해 파울리 문자열 간 간섭 구조를 분석한 결과, 65큐비트 규모에서는 기존 모든 고전적 시뮬레이션이 계산 불가능한 영역에 진입함을 확인
 - 이는 단순 속도 향상을 넘어, 물리적으로 의미 있는 양자 현상을 직접 계산하고 검증할 수 있음을 입증한 것으로 평가됨
 - 연구팀은 해당 알고리즘을 “해밀토니안 학습(Hamiltonian learning)” 에도 적용, 실험 데이터를 기반으로 양자 시스템의 물리 파라미터를 역추정하는 데 성공

- 이를 통해 양자 프로세서를 실제 물리 시스템의 진단 및 구조 분석 도구로 활용할 수 있는 가능성을 제시
- 복잡한 분자, 소재의 상호작용 해석 및 양자 시뮬레이터 구축의 기반 기술로 발전 가능
- Quantum Echoes 기법은 핵자자기공명(NMR) 분광법의 감지 한계를 확장할 수 있음을 시연함.
 - 기존 NMR보다 멀리 떨어진 스핀 간 상호작용을 모사해 ‘분자 거리 자(ruler)’ 를 확장하는 새로운 도구로 활용 가능
 - 신약 개발, 재료 물리, 생화학 등에서 응용 잠재력이 큼
- 한계와 유의점
 - 13,000배 속도 향상은 특정 간섭 기반 문제에 한정되며, 모든 계산 문제에서의 일반적 양자 우위를 의미하지 않음.
 - 실험은 회로 최적화·오류 완화 기술에 크게 의존하였고, 현재 오차율은 오류 내성 계산 기준에 미치지 못함
- 연구 의의 및 향후 전망
 - 이번 성과는 구글의 6단계 양자 컴퓨팅 로드맵 중 ‘소프트웨어 트랙’ 의 첫 실질적 성과로, 검증 가능한 알고리즘 기반 양자 우위를 구현한 사례임
 - 하드웨어 측면의 양자 우위(2019)와 오류 정정 기술에 이어, 실용적 양자 알고리즘 시연으로 로드맵의 세 번째 단계에 도달
 - 하트무트 네벤 부사장은 “향후 5년 내 양자 향상 센싱(quantum-enhanced sensing)과 실험 과학 응용이 가능할 것” 이라 전망
 - 본 연구는 양자 하드웨어와 알고리즘의 융합을 통해, 계산 과학과 실험 과학의 경계를 잇는 새로운 전환점을 마련함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/10/22/google-quantum-ai-shows-13000x-speedup-over-worlds-fastest-supercomputer-in-physics-simulation/>