

양자컴퓨터, 고전적 한계 뛰어넘을 수 있음을 입증

(2025.12.22., 양자정보연구지원센터)

□ Qubit Pharmaceuticals, Sorbonne University, 양자컴퓨터가 고전적 한계 뛰어넘을 수 있음을 입증

○ 연구 개요

- Qubit Pharmaceuticals와 소르본 대학교(Sorbonne University) 공동 연구팀은 양자 컴퓨터가 기존에 물리적으로 불가능하다고 여겨졌던 계산 속도의 한계를 넘어설 수 있음을 실증함
- 본 연구는 양자 컴퓨팅 분야에서 오랫동안 유지되어 온 이론적 속도 한계를 뒤집고, ‘양자 우위(quantum advantage)’의 개념을 새롭게 정의함(Nature Communications 게재)

○ 연구 배경 및 문제의식

- (마르코프 체인과 계산 한계) 마르코프 체인은 다음 상태가 현재 상태에만 의존하는 확률적 과정으로, 통계물리·머신러닝·금융 모델링 등 다양한 분야의 핵심 도구임
- 기존 양자 알고리즘은 ‘가역적(reversible)’ 마르코프 체인만 다룰 수 있었으며, 이는 수학적으로 시간을 되돌릴 수 있는 대칭적 시스템에 한정됨
- 그러나 실제 세계의 대부분의 현상(화학 반응, 단백질 접힘, 열 흐름, 시장 변화 등)은 본질적으로 “비가역적(non-reversible)” 임
- (기존 이론의 한계) 가역적 시스템에서는 양자 컴퓨터가 고전 컴퓨터 대비 최대 이차적(quadratic) 속도 향상만 가능하다고 여겨져 왔음
- 이로 인해 실제 물리·화학·경제 시스템을 양자 컴퓨터로 직접적이고 효율적으로 모델링하는 데 근본적 제약이 존재했음

○ 핵심 연구 성과

- (비가역 마르코프 체인에 대한 양자 가속 실현) 본 연구는 양자 알고리즘이 가역·비가역 마르코프 체인 모두를 처리할 수 있음을 최초로 입증함
- 이를 통해 오랫동안 가정되어 온 ‘대칭성 장벽(symmetry barrier)’ 을 돌파함
- (속도 향상의 확장) 기존의 이차적 속도 향상을 넘어, 특정 비가역 시스템에서는 지수적(exponential)에 가까운 속도 향상 가능성을 제시함
- 이는 양자 컴퓨터가 고전적 계산 한계를 근본적으로 초월할 수 있음을 의미함

○ 기술적 기여

- (새로운 양자 기법 제안) 연구진은 시스템의 자연스러운 시간 흐름을 거꾸로 되돌리지 않고도 계산할 수 있는 두 가지 새로운 양자 기법을 제시함
- 이를 통해 화학 반응이나 금융 시장과 같은 일방향 시스템을 이상화된 모델이 아닌, 실제 진행 방식 그대로 시뮬레이션 가능함
- (비가역 시스템을 위한 양자 계산 프레임워크) 현재 가장 진보된 양자 알고리즘에서 이미 검증된 양자 연산을 활용하여, 비가역 시스템을 가속화하는 최초의 종합적 프레임워크를 제시함
- 이는 실제 시뮬레이션과 데이터 문제에 적용 가능한 명확한 로드맵을 제공함

○ 정량적 효과 및 응용 가능성

- (계산 효율의 비약적 향상) 수십억 회의 고전적 반복 계산을 수천 회 수준으로 줄일 수 있는 잠재력을 가짐
- 대규모 시뮬레이션에 소요되는 시간과 비용을 획기적으로 절감 가능함
- (주요 적용 분야) 신약 개발 및 분자 시뮬레이션, 신소재 탐색 및 물질과학, 금융 모델링, 리스크 분석, 양자 AI 기반 최적화 문제

○ 연구진 발언의 의미

- (이론적 의미) “실제 세계 시스템을 연구함으로써 이차적 속도 한계가 깨질 수 있음을 발견했다” 는 점에서, 양자 컴퓨팅 이론의 적용 범위를 현실 세계로 확장함
- (실용적 의미) “양자 컴퓨터가 물리적 세계와 같은 언어를 사용하게 되었다” 는 평가처럼, 실제 현상을 그대로 모사하는 계산이 가능해졌음을 강조함

○ 산업적 · 학문적 파급효과

- (Qubit Pharmaceuticals의 전략적 가치) 본 성과는 Qubit의 독자적 시뮬레이션 플랫폼을 강화하며, 양자 알고리즘을 실제 분자 · 물질 모델링 워크플로에 통합하는 경쟁력을 높임
- 유럽 내 이론적 성과를 상용 양자 기술로 연결하는 선도 기업으로 자리매김함
- (유럽 양자 생태계의 위상) 소르본 대학교, CNRS, Qubit Pharmaceuticals 간 협력과 ERC, 프랑스 PEPR EPIQ-Quantum Software, HQI 프로그램의 지원을 통해 유럽이 양자 소프트웨어 및 알고리즘 개발의 최전선에 있음을 입증함

○ 결론 및 전망

- (의의) 본 연구는 비가역 시스템에 대한 양자 계산의 가능성을 열며, ‘실질적 양자 우위(real quantum advantage)’ 로 나아가는 중요한 이정표임
- (향후 전망) 통계물리, 화학, 생물학, 금융 전반에 걸쳐 계산 방법론의 변화를 촉진할 것으로 기대됨
- 이론 연구와 민간 딥테크 기업의 협력이 실제 산업적 성과로 이어질 수 있음을 보여주는 대표 사례임

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/12/10/qubit-pharmaceuticals-and-sorbonne-university-show-quantum-computers-can-outperform-classical-limits/>