

Pasqal, 미분방정식 풀이에서 논리 큐비트 성능 우위 시연

(2026.06.09., 양자정보연구지원센터)

□ Pasqal, 미분방정식 계산에서 논리 큐비트가 물리 큐비트보다 우수함을 입증

○ Pasqal, 논리 큐비트의 실질적 성능 우위 입증

- 프랑스 양자컴퓨팅 기업 Pasqal은 실제 양자 하드웨어에서 논리 큐비트(Logical Qubit)가 물리 큐비트(Physical Qubit)보다 우수한 성능을 보인다는 연구 결과를 발표함
- 연구진은 미분방정식(Differential Equations) 풀이를 대상으로 실험을 수행했으며, 논리 큐비트 기반 접근법이 기존 방식보다 평균 50% 이상 높은 정확도를 달성했다고 보고함
- 일부 난이도 높은 비선형 문제에서는 최대 10배 향상된 성능을 확인함

○ 연구 배경

- 양자컴퓨터는 계산 과정에서 발생하는 오류가 누적되는 문제가 주요 기술적 한계로 지적되어 왔음
- 논리 큐비트는 여러 개의 물리 큐비트를 하나의 안정적인 정보 단위로 구성하여 오류를 탐지·완화하는 오류정정 기술의 핵심 개념임
- 지금까지 논리 큐비트의 효과는 개별 게이트나 일부 알고리즘 구성요소 수준에서 주로 검증되었으나, 실제 응용 문제 전체를 대상으로 한 성능 검증은 제한적이었음

○ 실험 방법 및 결과

- 연구진은 게이트 충실도(Gate Fidelity) 99.4%를 달성한 중성원자(Neutral Atom) 양자 프로세서를 사용함
- 물리 큐비트 기반 구현과 논리 큐비트 기반 구현을 각각 적용하여 총 1,000개의 미분방정식을 해결하고 결과를 비교함

- 논리 큐비트 방식은 더 복잡한 양자회로를 사용했음에도 불구하고 평균 50% 이상의 정확도 향상을 달성함
- 대표적인 비선형 문제에서는 물리 큐비트 대비 약 10배 높은 성능을 보임
- 이는 논리 큐비트가 실제 응용 수준의 계산에서도 실질적인 이점을 제공할 수 있음을 보여주는 사례로 평가됨

○ 미분 방정식의 산업적 중요성

- 미분방정식은 다양한 산업 분야의 복잡한 시스템을 모델링하는 핵심 수학 도구임
- 항공우주 분야에서는 구조 해석과 유체역학 계산에 활용됨
- 에너지 분야에서는 열전달 및 전력망 안정성 분석에 사용됨
- 제약 산업에서는 화학 반응 및 분자 거동 분석에 적용됨
- 금융 분야에서는 위험도 및 시장 변동성 모델링에 활용됨
- 따라서 미분방정식을 보다 정확하게 해결할 수 있는 양자 가속기의 개발은 산업 전반에 중요한 영향을 미칠 수 있음

○ 오류정정 기반 양자컴퓨팅으로의 전환

- Pasqal은 그동안 최적화, 시뮬레이션, 머신러닝 분야에서 아날로그 양자컴퓨팅 기술을 발전시켜 왔음
- 이번 연구는 오류정정 기반(Fault-Tolerant) 양자컴퓨팅으로 나아가기 위한 단계적 연구 성과로 평가됨
- 연구진은 하드웨어 성능이 일정 수준 이상에 도달함에 따라 실제 응용 문제에서 논리 큐비트의 효과를 검증할 수 있었다고 설명함
- 특히 논리 큐비트가 미분방정식 계산 과정에서 발생하는 주요 잡음에 예상보다 강한 특성을 보였다고 보고함

○ 향후 연구 방향

- Pasqal은 이번 연구를 바탕으로 재료과학, 금융, 에너지 분야로 응용 연구를 확대할 계획임
- 향후 목표는 게이트 충실도 향상, 논리 큐비트 수 증가, 오류 탐지 및 오류정정 기술 고도화임
- 이를 통해 하이브리드 양자-고전 컴퓨팅 환경에서 실질적인 양자 유용성(Quantum Utility)을 확보하는 것을 목표로 하고 있음

○ 결론

- 이번 연구는 논리 큐비트가 단순한 이론적 개념을 넘어 실제 응용 계산에서 물리 큐비트보다 우수한 성능을 제공할 수 있음을 실험적으로 보여준 사례임
- 특히 완전한 응용 문제 수준에서 오류정정 효과를 검증했다는 점에서 의미가 크며, 향후 내결함성(Fault-Tolerant) 양자컴퓨터 개발의 중요한 이정표로 평가될 수 있음
- 다만 아직 제한된 규모의 논리 큐비트 환경에서 수행된 연구인 만큼, 대규모 확장성과 장기적인 오류정정 성능 검증이 향후 과제로 남아 있음

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/05/22/pasqal-demonstrates-logical-qubits-outperform-physical-qubits-solving-differential-equations/>