

양자 컴퓨터, 핵심 입자 물리학 계산에서 우위 보여

(2025.03.11., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 컴퓨터, 입자 물리학 계산에서 우위 보여

○ 연구 배경

- 양자 컴퓨터는 기존 슈퍼컴퓨터보다 입자 충돌 계산을 더 빠르게 수행할 수 있음
- Quantinuum과 프라이부르크 대학의 연구팀이 입자 물리학에서 중요하게 다루는 “단면적(cross section)” 계산을 통해 양자 통합 방법이 기존의 접근법보다 더 빠르다고 보고함
- 단면적 : 입자가 충돌할 때 상호작용이나 붕괴 확률을 나타내는 지표
- LHC와 같은 고에너지 물리학 실험에서는 수십억 번의 충돌로 막대한 데이터를 생성하고, 이 데이터를 해석하는 데 이론적인 예측이 필요함

○ 양자 알고리즘 및 접근법

- 연구팀은 ‘Quantum Monte Carlo Integration(QMCI)’ 라는 양자 알고리즘을 사용해 고에너지 물리학에서 수학적 적분을 더 효율적으로 처리
- QMCI는 기존의 몬테카를로 방법을 양자화한 방식으로, 기존의 방법보다 훨씬 더 적은 샘플로 동일한 수준의 정확도를 얻을 수 있음
- Fourier Quantum Monte Carlo Integration(Fourier QMCI)을 사용해 복잡한 함수들을 간단한 사인과 코사인 함수들의 합으로 분해해 계산 효율성을 높임

○ 결과 및 시사점

- QMCI 알고리즘은 입자의 붕괴 과정을 시뮬레이션하는 데 유리하며, 기존의 방법보다 훨씬 적은 샘플로 동일한 정밀도를 달성할

수 있음

- 예를 들어, 전통적인 방식은 수백만에서 수십억 개의 샘플을 요구하지만, 양자 알고리즘은 수천 개의 샘플만으로도 비슷한 정확도를 얻을 수 있음

○ 한계점과 향후 연구 방향

- 현재 양자 컴퓨터는 ‘Noisy Intermediate-Scale Quantum(NISQ)’ 단계에 있으며, 상용화된 장치에서 이러한 알고리즘을 실제 입자 물리학 실험에 적용하기에는 한계가 있음
- 특히, 양자 상태 준비와 같은 문제들이 해결되지 않으면 실제 시뮬레이션에서 오류가 발생할 수 있음
- 향후 연구에서는 양자 상태 준비 방법 개선, 더 안정적인 양자 하드웨어 개발 등이 필요

○ 기술의 확장성

- 연구팀은 양자 컴퓨팅이 입자 물리학뿐만 아니라 금융 모델링, 날씨 예측 등 다른 분야의 복잡한 적분 계산에도 혁신적인 변화를 일으킬 가능성이 있다고 봄
- 입자 물리학에서 더 정확하고 빠른 계산이 이루어지면, 이론 검증과 실험 설계를 더욱 효율적으로 할 수 있게 됨

○ 결론

- 이번 연구는 양자 컴퓨터가 입자 물리학 계산에서 기존 방법보다 우위를 점할 가능성을 보여주는 중요한 증거가 될 수 있음
- 양자 컴퓨팅의 발전은 물리학의 발전을 넘어서, 의료, 에너지, 보안 등 다양한 산업에 영향을 미칠 수 있는 가능성을 열어둠

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/03/08/quantum-computers-show-advantage-in-key-particle-physics-calculations/>