

Perimeter Institute, 양자 오류 수정의 핵심 경계 정의

(2024.09.25., 양자정보연구지원센터)

□ Perimeter 이론 물리 연구소의 양자 오류 정정(QED) 연구

- nontrivial 양자 오류 정정(Quantum Error Correction) 코드와 trivial 코드를 구별하는 새로운 방법 발견
 - 신뢰할 수 있는 양자 컴퓨팅 발전에 중요한 기여, 물리학의 여러 난제를 탐구하는 새로운 길 제시
 - *Nature Physics*에 게재, 현실 세계에서 양자 시스템의 동작을 명확히 규명하는 수학적 경계 제시
 - 새로운 방법은 양자 시스템의 정확성과 신뢰성을 향상시켜 복잡한 과학 및 기술 문제 해결에 중요한 역할을 할 것으로 기대됨
- 양자 오류 정정(QEC)은 양자 정보를 잡음과 오류로부터 보호하는 데 필수적임, 실용적 양자 컴퓨터 구축에 큰 장벽으로 작용함
 - 연구팀은 Approximate Quantum Error Correction(AQEC) 코드의 특성을 양자 회로의 복잡성과 연결, 이 관계가 임의적이지 않고 양자 시스템의 물리적 행동에 뿌리 두고 있음을 밝힘
 - 이 발견은 양자 컴퓨팅 뿐만 아니라 응집 물질 물리 및 양자 중력 같은 다양한 분야에 영향을 미칠 것으로 보임
 - AQEC 코드를 평가하기 위한 엄격한 수학적 프레임워크 제공, 이 코드는 일정 범위 오류를 허용하는 코드로, 양자 컴퓨팅의 미래 응용에서 중요한 역할을 할 것으로 인식됨
- ‘서브시스템 분산’ 개념 도입, AQEC 코드의 정밀성 평가하는 매개변수 제공, AQEC 코드가 다양한 양자 시스템에서 자연스럽게 나타나는 것으로 밝혀짐
 - 양자 오류 정정의 이론적 이해와 실제 응용을 개선할 가능성을 열어줌

- AQEC 코드를 소음 제거 헤드폰에 비유, 헤드폰이 모든 배경 소음을 완전히 제거하지는 않지만, 허용 가능한 수준으로 줄여주는 것과 유사함
- AQEC 코드도 양자 오류를 완전히 수정하지는 않지만, 양자 시스템의 잡음이나 방해의 영향을 허용 가능한 수준으로 줄여줄 수 있음
- AQEC 코드는 양자 오류를 처리하는 데 있어 일정량의 오류를 허용하면서도 효율적으로 작동할 수 있도록 설계됨
- 응집물질 물리학과 양자 중력의 새로운 시각
 - 양자 컴퓨팅을 넘어 응집물질 물리학에도 의미가 있으며, 특히 위상 질서의 연구와 관련이 있음
 - 위상 질서는 분수 양자 홀 상태 및 특정 유형의 초전도체와 같은 양자 물질의 복잡한 특성을 포함함
 - 새로운 프레임워크는 얽힘 조건과 양자 코드 특성 간 관계를 더 잘 이해할 수 있게 해줌
- 일반 상대성 이론과 양자역학 통합이라는 물리학의 가장 어려운 문제 중 하나에도 시사점 제공함
 - AQEC 코드를 서브시스템 분산을 통해 분석하면서, 양자 필드가 다양한 스케일에서 일관되게 작용하는 Conformal Field Theory(CFT) 시스템에 대한 새로운 통찰력을 제공할 수 있다고 제안함
 - 이 연구는 위상 질서의 물리를 더 잘 이해하거나 양자 중력 모델의 정확성 개선 등 여러 탐색 경로를 여는 가능성을 가지고 있음

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/09/04/perimeter-institute-researchers-define-ky-boundary-in-quantum-error-correction-with-implications-stretching-from-quantum-computing-to-gravity/>