

Google 연구진, 독특한 형태의 양자 순간 이동 공개

(2023.11.02., 양자정보연구지원센터)

- Google Quantum AI, 스탠포드 연구원, 최대 70큐비트 양자 시스템에서 “측정 유도 상전이(measurement-induced phase transition)” 관찰
 - 양자 역학의 측정, 상호 작용 및 얽힘 간 상호 작용을 이해에 획기적인 발전, 양자 컴퓨팅 발전을 위한 독특한 형태의 양자 순간 이동 밝힘
 - 측정은 시스템의 “양자성(quantumness)” 파괴하는 경향이 있으므로, 양자 세계와 고전 세계 사이의 신비한 연결 고리
 - 큐비트(방대한 양자 데이터 단위 시스템)를 다룰 때, 측정의 영향은 근본적으로 다른 결과로 이어질 수 있으며 완전히 새로운 양자 정보 위상의 출현 촉진 가능성 있음
 - 상호 작용과 측정이라는 두 경쟁 효과가 일어날 때 발생, 양자 시스템에서는 큐비트가 서로 상호 작용할 때, 해당 정보가 “얽힌 상태” 에서 비국소적으로 공유됨
 - 그러나 시스템을 측정하면 얽힘이 파괴됨, 측정과 상호작용은 두 가지 별개의 위상으로, 하나는 상호 작용이 지배적이고 얽힘이 널리 퍼져 있는 위상이고, 다른 하나는 측정이 지배하고 얽힘이 억제되는 위상
 - 양자 위상의 획기적인 연구
 - 최대 70큐비트 시스템에서 “측정 유도 상전이” 로 알려진 두 영역 간 교차를 관찰, 시공간에서 측정이 양자 정보의 구조를 근본적으로 변화시킬 수 있는 방법 탐구
 - 측정 유도 효과가 연구된 가장 큰 시스템, 이러한 측정 결과로 나타나는 새로운 형태의 “양자 순간 이동(quantum teleportation, 알 수 없는 양자 상태가 한 큐비트 세트에서 다른 큐비트 세트에 전송됨)” 특징 확인

○ 얽힘 시각화

- 큐비트 시스템의 얽힘을 복잡한 연결 거미줄로 시각화할 수 있음, 얽힌 시스템을 측정할 때, 시스템이 웹에 미치는 영향은 측정 강도에 따라 달라짐
- 실험에서 이러한 얽힌 웹을 실제 보는 것은 매우 어려움, 웹 자체는 눈에 보이지 않으므로 큐비트의 측정 결과 간의 통계적 상관관계를 보고서만 그 존재를 추론할 수 있음
- 웹의 패턴을 추론하려면 동일 실험을 많이 반복 실행해야 함, 이는 측정으로 인한 위상 전이에 대한 연구를 매우 작은 시스템 크기로 제한

○ 실험적 과제 해결

- 모든 측정이 전체적으로 상호배치되는 것이 아니라, 실험이 끝날 때 이루어질 수 있도록 작업 순서를 재배열하여 실험 복잡성 줄어듦
- 단일 “프로브” 큐비트를 사용하여 웹의 특정 기능을 측정하는 새로운 방법 개발
- 모든 큐비트와 마찬가지로 프로브도 환경에서 원치 않는 잡음에 취약함, 잡음에 대한 프로브의 민감도가 주변 얽힘 웹의 특성에 따라 달라진다는 점을 버그의 특징으로 전환함, 전체 시스템의 얽힘을 추론하기 위해 프로브의 잡음 민감도를 사용할 수 있음

○ 주요 관찰 및 시사점

- 두 가지 얽힘 영역에서 잡음에 대한 민감도의 차이 연구하고 뚜렷하게 다른 동작 발견, 측정이 상호 작용(“disentangling phase”)을 지배할 때 웹의 가닥은 상대적으로 짧게 유지됨
- 프로브 큐비트는 가장 가까운 큐비트 잡음에만 민감함, 측정값이 약하고 얽힘이 더 널리 퍼졌을 때(“entangling phase”) 프로브는 전체 시스템에서 노이즈에 민감함, 두 가지 극명하게 대조되는

동작 사이의 교차는 원하는 측정으로 인한 위상 전이의 특징임

- 또한, 측정에서 자연스럽게 나타나는 새로운 형태의 양자 순간 이동을 시연함, 약하게 얽힌 상태에서 두 개의 먼 큐비트를 제외한 모든 큐비트를 측정함으로써 두 개의 먼 큐비트 사이에 더 강한 얽힘이 생성됨
- 장거리 측정으로 인한 얽힘 생성 능력은 실험에서 관찰된 순간 이동(teleportation)을 가능하게 함
- 얽힘 단계 측정에 대한 얽힘의 안정성은 양자 컴퓨팅을 잡음에 더욱 강력하게 만드는 새로운 방식에 영감을 줄 수 있음, 새로운 위상과 물리적 현상 유도에 있어 측정이 수행하는 역할은 물리학자들의 근본적인 관심 분야임
- 측정을 역학에 통합하면 흥미롭고 새로운 유형의 비평형 위상을 많이 발견할 수 있는 다물체 물리학에 새로운 도입이 될 것임

○ 노이즈한 양자 프로세서에서 측정으로 인한 얽힘 및 순간 이동 (*Nature*, 2023)

- 측정은 양자이론에서 파동함수를 붕괴시킴으로써 순간이동과 같은 현상을 가능하게 하고, 그에 따라 단일 진화를 제약하는 ‘시간의 화살(arrow of time)’ 을 바꿀 수 있음
- 오늘날 NISQ 프로세서의 경우, 이러한 실험적 실현은 하드웨어 한계와 양자 측정의 확률적 특성 때문에 문제가 될 수 있음
- 이러한 실험 과제를 해결하고 최대 70개의 초전도 큐비트에 대한 측정 유도 양자 정보 위상을 연구

(원문)

1. <https://scitechdaily.com/google-researchers-unveil-unique-form-of-quantum-teleportation/>