

불완전한 시계로 인해 양자 컴퓨터가 제한됨

(2023.12.06., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 컴퓨팅 개발에서 불완전한 시계의 한계에 직면

- 물리학적으로 완벽한 시계는 존재하지 않으며, 불완전한 시간 기록이 양자 알고리즘에 미치는 영향이 중요한 문제
 - 양자 컴퓨터는 이론적으로 고전 컴퓨팅이 해결하는 데 거의 영원히 걸리는 문제에 대한 답을 찾을 수 있음
 - 양자 컴퓨터는 작동 시 구성 요소를 매우 특정한 힘에 노출해야 하며 정확한 시간 기록이 중요함
- 불완전한 시간 기록은 현재 양자 컴퓨터에는 문제가 되지 않지만, 큐비트 수가 증가할수록 중요성이 증가
 - 모든 시계는 분해능(resolution)과 정밀도(precision)라는 두 가지 주요 속성이 있음
 - 분해능은 시계가 측정할 수 있는 가장 작은 시간, 정밀도는 시계가 tick할 때 나타나는 부정확성
 - 실제 시계가 결코 완벽하지 않다는 점을 고려하여 불완전한 타이밍이 양자 컴퓨터에 미칠 영향 연구
- 양자 컴퓨터의 성능 중 결맞음 시간(coherence time)이 중요한데, 게이트가 빠를수록 정밀도가 나빠지는 문제가 발생
 - 양자 컴퓨터가 의존하는 양자 효과가 외부 시스템의 방해로 인해 사라지는 데 걸리는 시간, 현재 양자 컴퓨터는 양자 게이트를 실행하는 데 제한된 결맞음 시간을 가지고 있음
 - 이상적으로 게이트가 최대한 빠르기를 원하지만, 시계가 빠를수록 정밀도는 더 나빠짐
 - 좋은 게이트의 경우, 속도가 느려지길 원하지만, 결맞음 시간으로

제한됨

- 양자 컴퓨팅 연구자들은 다양한 플랫폼(초전도 회로, 이온 트랩, 중성 하전 원자, 심지어 냉동 네온 같은)에서 양자 비트를 탐구하고 불완전한 시간 기록에 대한 양자 컴퓨팅 플랫폼의 장단점을 탐구
- 현재 양자 기술을 가장 많이 방해하는 오류는 아니지만, 불완전한 시간 기록으로 인해 양자 계산의 정확도에 대한 기본적인 제한이 예상됨
 - 향후 연구에서는 시간 기록 오류에 실제로 대응할 수 있는 기술을 발견할 수 있을 것으로 전망, 예를 들어, 시계의 평균 오류 양을 추정할 수 있다면 시간 유지 오류를 상쇄하기 위한 큐비트 조작 방식이 수정 가능함
 - 연구 결과는 Physical Review Letters(2023. Oct)에 설명하고 있음
- 불완전한 시간 유지(timekeeping)가 양자 제어에 미치는 영향
 - 양자 시스템을 위해서 물리적 시계가 완벽하게 특성화할 수 없는 시간이라는 매개 변수에 대한 정보가 필요함
 - 불완전한 시간 정보를 가진 양자 비트가 회로 기반 양자 컴퓨팅에서 제어된 양자 연산에 미치는 영향을 연구, 시간 기록의 품질이 양자 회로의 복잡성을 제한함을 보여줌
 - 양자 제어와 관련된 다른 분야는 양자 열역학으로, 큐비트를 냉각하는 데 타이머의 품질이 냉각률에만 영향을 미치고 달성 가능한 온도는 영향을 미치지 않음을 보여줌
 - 이 분석은 자율 양자 시계의 연구 기법과 양자 채널 이론에서 불완전한 시간 기록이 양자 동역학에 미치는 영향을 이해하기 위함

(원문)

1. <https://spectrum.ieee.org/quantum-computing-timing-limits>