

범용 광자 양자 컴퓨터, 양자 컴퓨팅의 새로운 경로 가능성

(2024.08.12., 양자정보연구지원센터)

□ 광자 기반 양자 컴퓨터의 가능성 탐구

- 빛을 양자 컴퓨터의 기본 구성 요소로 사용
 - Oxford 대학교 Vlatko Vedral 교수는 물질 기반 부품 없이 빛만으로 작동하는 보편적인 광자 양자 컴퓨터(Universal photonic computer)가 양자 역학을 활용한 혁신적인 계산 도구가 될 수 있다고 주장
 - 이는 기존 양자 컴퓨터와 달리 오류에 강하고 안정적인 것으로 기대됨
- 광자 큐비트(photon qubits)의 장점과 가능성
 - 전통적인 큐비트는 원자나 초전도 회로 등 물질로 구성되어 환경과의 상호작용으로 인해 오류가 발생하기 쉬움
 - 반면, 광자 큐비트는 주변 환경과의 상호작용이 적어 안정성이 뛰어남
 - Vedral 교수는 빅뱅의 잔광인 우주 배경 복사가 오랜 시간 동안 변하지 않고 전해진 점을 예로 들어 광자의 안정성을 설명
 - 빛은 자기 자신과 매우 약하게 결합하기 때문에 물질이 없는 상태에서 빛은 안정적임
- 보편적인 광자 양자 컴퓨터의 구현 가능성
 - 현재 광자 양자 컴퓨터는 빛을 큐비트로 사용하지만, 광자 큐비트를 조작하기 위해 물질 기반 부품을 사용하는 하이브리드 방식
 - Vedral 교수는 물질 기반 부품(빔 스플리터 및 검출기)을 사용하지 않는 보편적인 광자 양자 컴퓨터가 이론적으로 모든 계산을 수행할 수 있을 것이라고 제안함
 - 이러한 컴퓨터는 고정밀로 광자 양자 상태를 생성, 조작 및 측정할 수 있는 정교한 시스템으로, 광자의 특성을 이용해 물질 기반 큐비트가 직면한 한계를 극복할 수 있을 것으로 기대됨

○ 구성 요소 및 기능

- 단일 광자 소스(Single-photon Sources): 필요에 따라 광자를 생성하여 구별할 수 없고 정확한 타이밍을 가져야 함
- 양자 상태 준비(Quantum State Preparation): 특정 양자 상태에서 광자를 준비하기 위한 장비가 필요함, 위상, 편광 및 경로에 대한 세심한 제어가 필요함, 양자 계산에 필수적인 중첩 및 얽힌 상태 생성 가능
- 광자 양자 게이트(Photonic Quantum Gates): 빔 스플리터 및 위상 시프터는 광자의 경로를 지시하고 조정함, 더 복잡한 도구는 CNOT 게이트 같은 필수적 작업 수행
- 양자 메모리 및 리피터(Quantum Memory and Repeaters): 결잃음 없이 광자 상태를 저장할 수 있는 양자 메모리 장치 통합, 양자 리피터는 장거리에 걸쳐 광자 손실 및 오류 수정, 확장 가능한 양자 네트워크 구축에 필수적임

○ 기술적 도전과 윤리적, 철학적 질문

- 보편적인 광자 양자 컴퓨터를 구현하려면 단일 광자 소스, 광자 양자 게이트, 양자 메모리와 같은 다양한 기술적 구성 요소가 필요
- 이러한 시스템은 모든 계산을 수행할 수 있는 능력을 갖추며, 인간 두뇌의 시뮬레이션 가능성까지 탐구할 수 있음
- 이로 인해 윤리적, 철학적 질문이 제기될 수 있으며, 기술 개발에는 광학, 양자 역학, 계산 이론 등 다양한 분야의 협력과 많은 연구 투자가 필요

○ 관련 스타트업 부재와 필요성

- Vedral 교수는 이와 같은 기술적 가능성에도 불구하고, 보편적인 광자 양자 컴퓨터를 탐구하는 스타트업이 부족하다고 지적
- 이 분야에서의 연구와 혁신이 필요하다는 점을 강조

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/08/01/could-universal-photonic-quantum-computers-light-up-new-path-to-quantum-computing/>