

MIT 연구팀, 새로운 양자 컴퓨팅 아키텍처 사용, 대규모 장치 연결

(2023.01.16., 양자정보연구지원센터)

- 확장 가능한 양자 상호 연결 향한 첫 단계, 방향성 광자 방출 시연
 - 탄력적(resilient)이고 확장 가능한(extensible) 하드웨어 필요함
 - 양자 컴퓨팅 사용하여 재료 시스템 에뮬레이션, 양자 화학 시뮬레이션, 어려운 작업을 최적화, 금융에서 제약까지 영향을 미칠 것으로 예상
 - 대규모 양자 컴퓨터 구축 위한 과제, 양자 정보 노드(컴퓨터 칩에 걸쳐 분리된 소규모 처리 노드) 상호 연결에 효과적인 방법을 찾아야 함
 - 기존 방식이든 양자 상호 연결을 통해서든 전달된 정보는 전송 및 수신되어야 함
 - MIT 연구팀, 초전도 양자 프로세서 간 확장 가능하고 충실도 높은 통신 가능하도록 양자 컴퓨팅 아키텍처 개발(*Nature Physics* 발표)
 - 사용자가 지정한 방향으로 단일광자(정보 전달자)의 결정적 방출 단계 시연(양자 정보가 96% 이상 시간 동안 정확한 방향으로)
 - 이러한 모듈 몇 개 연결, 컴퓨터 칩에서 물리적으로 분리되어 있더라도 서로 상호 연결되는 더 큰 양자 프로세서 네트워크 가능
 - 양자 상호 연결은 더 작은 개별 구성요소로 구축된 대규모 기계의 모듈식 구현 향한 중요 단계임
 - 양자 정보 이동
 - 양자 정보는 0 또는 1 뿐만 아니라 동시에 0과 1이 될 수 있음(중첩), 또한 광자(빛 입자)에 의해 전달 될 수 있음
 - 추가된 복잡성은 양자 정보를 취약하게 만들고, 기존 프로토콜 사용으로 전송할 수 없음
 - 양자 네트워크는 도파관(waveguide)이라는 특수 상호 연결 통해 이동하는 광자 사용하여 처리 노드 연결, 도파관은 단방향 또는 양방향일 수 있음

- 기존 아키텍처는 구현에 쉬운 단방향 도파관 사용, 양자 네트워크가 확장으로 많은 도파관이 필요하게 되어, 확장에 어려움
- 지향성 전송(directional transmission) 시연, 양방향 통신 향한 첫 단계
- 여러 처리 모듈을 하나의 도파관에 연결, 아키텍처 디자인 특징은 동일 모듈을 송신기와 수신기로 모두 사용할 수 있음, 공통 도파관 따라 두 개 모듈에서 광자 전송 및 캡처
- 양자 속성 활용, 4개 큐비트로 구성된 모듈 구축
 - 큐비트는 양자 컴퓨터의 구성 요소, 양자 정보 저장 및 처리에 사용됨, 또한 광자 방출기(photon emitter) 사용
 - 방출된 광자가 올바른 방향으로 이동하도록 두 개 큐비트와 양자 간섭(quantum interference)으로 알려진 속성 활용
 - Bell state(단일 여기의 얽힌 상태)에서 두 큐비트 준비와 관련, 이 양자 역학 상태는 왼쪽 큐비트가 들뜬 상태와 오른쪽 큐비트가 여기상태인 두 가지 측면 구성, 동시 존재하지만 어떤 큐비트가 여기되었는지 알 수 없음
 - 큐비트가 얽힌 벨 상태에 있을 때, 광자는 두 큐비트 위치에서 도파관으로 효과적으로 방출되며, 방출 경로는 서로 간섭, 정확한 위상을 벨 상태 준비하여 도파관 내에서 광자의 이동 방향 선택
 - 96% 이상의 충실도 달성, 즉, 오른쪽으로 광자 방출하려 했다면, 오른쪽으로 96% 이동했음을 의미함
 - 이 기술 사용하여 특정 방향으로 광자를 효과적으로 방출했으므로, 여러 모듈 연결하여 광자 방출 및 흡수 프로세스 사용
- 양자 네트워크에서 양자 정보를 방출/흡수/통과/저장할 수 있는 완전히 프로그래밍 가능한 양자 노드와 여러 양자 컴퓨터 칩 연결하는 버스의 인터페이스 사용 가능

(원문)

1. <https://news.mit.edu/2023/quantum-interconnects-photon-emission-0105>