

클라우드 기반 양자 컴퓨팅, 실제 양자 이점 제공 가능한가

(2023.10.05., 양자정보연구지원센터)

- 클라우드 기반 양자 컴퓨팅 서비스에서 큐비트 얽힘 감지 방법 모색
 - 클라우드 기반 양자 컴퓨팅 서비스 사용자가 큐비트 얽힘을 감지할 수 있는 방법 모색, 얽힘 감시 회로 개발 및 테스트(KAIST)
 - 클라우드 기반 서비스가 기계에 대한 제한된 제어만 허용하는 경우, 얽힘을 입증하기 위해 작동함(*Intelligent Computing* 게재, 2023)
 - 큐비트 간 얽힘을 생성하는 회로 구축, 회로 사용 전까지 그것이 얽힘을 생성하는 회로인지 아닌지 알 수 없음, 양자 단층 촬영(quantum tomography)을 수행하거나 얽힘 감시(entanglement witness) 사용
 - 얽힘 감시(entanglement witness)
 - 얽힘 감시는 두 개의 특정 큐비트와 해당 상태를 연결하는 수학적 함수, 출력값은 큐비트 상태가 얽혀 있는지 또는 분리 가능한지 여부를 나타냄
 - 양자 기계에 직접 접근하지 않고 얽힘 감시를 사용하는 것이 항상 가능한 것은 아님, IBMQ 클라우드 기반 양자 컴퓨팅 서비스에서 연구자는 하드웨어 큐비트 중 어느 것을 회로에 할당할지 선택할 수 있음
 - IonQ 클라우드 기반 양자 컴퓨팅 서비스에서는 사용자가 이러한 수준의 제어 권한을 가지 못하므로, 얽힘 감시 함수 출력을 계산하기 위한 적절한 값을 얻는지 확신할 수 없음
 - 얽힘 감시 회로(entanglement witness circuit)
 - IBMQ 및 IonQ 클라우드 서비스에서 유일한 입력은 양자 회로, 이러한 한계를 해결하기 위해 얽힌 큐비트의 존재를 입증하기 위해 얽힘 감시 전략을 사용하는 특수 얽힘 감시 회로 설계함
 - 서비스에서 출력된 측정 통계만을 사용하여 이런 회로를 사용하여 얽힘을 감지할 수 있음

- 큐비트 할당을 제어할 필요는 없음, 얽힘 감시 회로를 사용하면 클라우드 기반 컴퓨팅을 사용하는 연구자가 “필수 요구 사항 (essential requirement)” 을 충족시킬 수 있음
- 새로운 얽힘 감시 회로는 얽힘 탐지에 두 배 더 효율적인 EW 2.0(entanglement witness) 이라는 최근 개발된 프레임워크를 기반으로 구축됨
 - 2큐비트 및 3큐비트 얽힘 생성 회로(entanglement-generating circuits)에 대한 얽힘 감지를 설명하고, 얽힘 생성 회로에 대한 얽힘 감시 회로를 구성하는 두 가지 방식 설명
 - IBMQ 및 IonQ 클라우드 기반 양자 컴퓨팅 서비스 사용한 실험 결과 공유
- 클라우드 기반 양자 컴퓨팅에서 얽힘 생성 회로 감지(2023)
 - 얽힘 생성을 인증하는 프레임워크 수립, 회로 기반 양자 컴퓨팅 모델에서 얽힘 발생을 인증하는 양자 회로 구성 제시
 - 이 프레임워크는 클라우드 서비스에서 하드웨어의 물리적 큐비트를 사용자가 제안한 회로와 연결하는 큐비트 할당 가정을 완화함
 - 클라우드 컴퓨팅에서 인증은 큐비트 할당의 성공 여부나 신뢰도와 관계없이 유효함
 - IBMQ 및 IonQ 서비스에서 2 및 3 큐비트에서 얽힘 생성 인증이 입증됨, 얽힘 생성 능력이 정량화됨
 - 수동 큐비트 할당을 제공하지 않는 IonQ 서비스에서 얽힘 생성이 성공적으로 인증되었다는 것이 주목할 만함

(원문)

1. <https://phys.org/news/2023-09-cloud-based-quantum-advantage.html>
2. <https://spj.science.org/doi/10.34133/icomputing.0051>