

IBM, 10배 더 효율적인 오류 수정 방법 보고

(2024.04.02., 양자정보연구지원센터)

□ IBM 연구팀, 실용적인 양자 컴퓨터 구현을 위해 10배 더 효율적인 오류 수정 방법 보고

- 양자 데이터를 오류로부터 보호하는 새로운 양자 오류 수정 코드 “**Gröss code**” 소개(Nature, 2024.3)
 - 양자 오류 수정 이론은 30년 전에 시작, 실제 하드웨어에서 유용한 양자 회로를 실행할 수 있는 이론적 오류 수정 기술은 양자 시스템에 적용하기에 너무 비현실적임
 - 양자 컴퓨터는 양자 역학의 법칙을 활용하여 고전 컴퓨터와 다른 방식으로 계산을 수행, 이론적으로 양자 암호를 쉽게 해독하거나 약물 발견을 최적화하는 능력을 허용함
- 양자 데이터는 열, 진동 또는 산란 전자기장 같은 작은 방해로 손상될 수 있는 매우 약한 것으로, 양자 계산에 오류가 발생
 - 양자 정보는 환경 소음, 제어 전자 장비에서 소음, 하드웨어 결함, 상태 준비 및 측정 오류 등에 부서지기 쉽고 소음에 민감함
 - 백만에서 십억 개의 게이트로 양자 회로를 실행하기 위해서는 양자 오류 수정이 필요함
- 오류 수정은 양자 데이터를 열 물리적 큐비트(양자 정보의 기본 단위)에 분산시켜 일부 큐비트가 손상되더라도 정보가 손상되지 않게 하는 방법
 - 이전의 양자 오류 수정 코드는 대규모 오류 수정을 불가능하게 만드는 추가 큐비트의 엄청난 오버헤드가 필요함
 - 오류 수정은 일반적으로 우리가 필요로 하는 것보다 더 많은 큐비트에 양자 정보를 인코딩해야 한다는 것을 의미함
 - 그러나 확장 가능하고 결함 허용가능한 양자 오류 수정을 달성하

는 것은 지금까지 100만개 이상의 물리적 큐비트를 고려하지 않고는 불가능함

- “표면 코드(surface code)” 접근법이 이 문제를 보여줌, 표면 코드로 동일 작업을 수행하려면 거의 3,000개의 큐비트가 필요함

○ 새로운 Gröss 코드는 훨씬 효율적임

- Gröss 코드를 사용하면 288개 큐비트를 사용하여 약 100만 사이클의 오류 검사를 위해 12개의 논리 큐비트를 보호할 수 있음
- 오류 수정에 필요한 오버헤드를 대폭 줄임으로써, 연구자들은 Gröss 코드가 실용적이고 대규모 양자 컴퓨터 구축에 중요한 장벽을 제거했다고 말함
- 화학, 최적화, 인공지능 등과 같은 영역에서 양자 컴퓨팅의 전체 잠재력을 해제하기 위한 중요한 한 걸음
- qLDPC(quantum low-density parity check, 양자 저밀도 패리티 검사) 코드라는 코드 계열을 기반으로 함, 정보를 인코딩한 후 해당 정보에 대해 어떻게 계산을 실행할지는 아직 알 수 없음
- 가장 큰 장점은 확장할 때 기존 코드보다 오류 수정을 위해 추가 큐비트가 더 적게 필요함, 또 다른 중요한 특징은 코드 거리, 이는 기본 정보를 파괴하지 않고 오류로 인해 손상될 수 있는 큐비트 수

○ 오류 수정이 아직 해결된 문제는 아니지만, 새로운 코드는 수억 개 이상의 게이트로 양자 회로를 실행하는 길을 명확하게 제시함

- 양자 컴퓨팅 생태계 진화 논의, 양자 컴퓨팅의 가능한 상업적 용도 설명, 앞으로 나아갈 길과 방법 제시

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/03/28/ibm-reports-10-times-more-efficient-error-correcting-method-brings-practical-quantum-computers-closer-to-reality/>
2. <https://www.ibm.com/quantum/blog/qldpc-codes>