



※ 본 연구동향은 양자정보연구지원센터 뉴스레터(2021.9.1.)의 내용입니다.

1. 양자오류정정의 실험적 구현연구 동향

[작성: 성균관대 김준기 교수]

현재 존재하는 양자컴퓨터는 연산오류가 0.1% 정도로 수백만번의 연산을 수행하기에는 연산정확도가 부족합니다. 양자컴퓨터로 많은 연산을 수행하기 위해서는 오류를 찾아내고 보정하는 과정이 필요한데 이러한 과정을 양자오류정정이라고 합니다. 양자오류정정은 여러 물리 큐비트를 이용하여 양자정보를 저장하는 논리큐비트를 만들고, 물리 큐비트들의 상관관계를 측정하여 오류를 측정 및 보정하는 과정을 거치게 됩니다.

지난 달에는 양자오류보정의 실험적 구현에 관련하여 여러 연구발표가 있었습니다. 구글 Quantum AI팀은 초전도체 기반 시카모어 프로세서를 이용한 양자오류정정 연구결과를 네이처에 발표하였습니다. 연구팀은 비트 에러나 위상 에러를 감지할 수 있는 오류정정 코드를 구현하고 논리 큐비트 오류를 측정하여, 오류정정 코드를 구성하는 물리 큐비트 숫자가 증가함에 따라 오류가 지수함수적으로 감소하는 것을 확인하였습니다.

허니웰 연구팀은 이온 포획 QCCD 양자컴퓨터에서 7개의 물리큐비트(부가 큐비트 포함 10개)를 이용한 양자오류정정 코드를 구현하고 비트 에러와 위상 에러를 모두 측정 및 보정하였습니다. 이 연구는 이온포획 양자컴퓨터에서 반복적 오류측정 및 보정을 수행한 최초의 연구결과입니다.

네덜란드 델프트 대학 Tim Taminiau 교수의 연구팀은 다이아몬드 점결함을 이용하여 5-큐비트 오류정정 코드를 실험적으로 구현하였습니다. 이 연구는 총 7개의 스핀을 사용하여 논리 큐비트 인코딩과 오류 측정을 구현하였으며, 논리 큐비트 인코딩 과정에서의 오류를 플래그 큐비트로 측정하여 조건부로 오류율을 낮출 수 있음을 보였습니다.

▶ 양자오류정정 참고 페이지(링크는 게시글 하단 참고)

[\[Google AI\(Blog\)\] Demonstrating the Fundamentals of Quantum Error Correction](#)

[\[Arxiv Print\] \(Cornell Univ.\) Realization of real-time fault-tolerant quantum error correction](#)

[\[Arxiv Print\] \(Cornell Univ.\) Fault-tolerant operation of a logical qubit in a diamond quantum processor](#)

[\[Nature\] \(Google AI\) Exponential suppression of bit or phase errors cyclic error correction](#)

2. 리드버그 중성원자 기반 양자 시뮬레이터 연구 동향

[작성: 성균관대 김준기 교수]

지난 7월 네이처 본지에는 리드버그 원자를 이용한 양자 시뮬레이터에 관한 논문이 두 편 게재되었습니다 (하버드 루킨 교수 연구실, CNRS 브보웨 교수 연구실).

양자 시뮬레이터는 아날로그 양자컴퓨터라고도 불리는 데, 개별 큐비트들의 양자 상태와 얽힘을 완전히 제어할 수 있는 유니버설 양자컴퓨터보다는 범용성이 떨어지지만, 제한된 상태 제어로도 기존의 컴퓨터로 모사하기 어려운 물리현상을 모사할 수 있을 것으로 기대됩니다. 리드버그 원자는 원자의 쌍극자모멘트가 매우 커서 멀리 떨어진 원자와 상호작용할 수 있으며, 이를 이용해서 다체 물리계를 다양한 구조에서 시뮬레이션 하는 것이 가능합니다. 이 연구들에서는 200개가 넘는 중성원자를 하나하나 광집계로 포획하여 실험을 하였습니다.

이번 연구들은 큐비트의 개별적인 제어를 일부 희생하여 많은 큐비트 숫자를 확보하였고, 새로운 물체의 상을 연구하는 등의 연구를 수행하였습니다. 같은 리드버그 원자를 기반으로 하여 큐비트를 개별적으로 제어하는 범용 양자컴퓨터도 연구되고 있으며, 학교 뿐만아니라 Atom Computing, ColdQuanta 같은 회사에서도 적극적으로 투자 및 연구를 진행중에 있습니다.

▶ 중성원자 참고 페이지(링크는 게시글 하단 참고)

[\[Nature\] Quantum simulation of 2D antiferromagnets with hundreds of Rydberg atoms](#)

[\[Nature\] Quantum phases of matter on a 256-atom programmable quantum simulator](#)