

<주요 Q&A>

양자컴퓨터 오류와 기계학습

- Q1. 두가지 문제 때문에 기존 컴퓨터 방식이 계속 사용될 것이라 하였는데, 두가지 문제가 해결될 수 있을거라 생각 하시나요? 현재 어느정도 와 있고, 해결된다면 어느정도 시간이 지나면 될거라 예상 하시는지요?

양자 컴퓨터의 오류 문제는 해결의 실마리를 이미 가지고 있고 시간이 지나 기술이 쌓이면 해결될 것으로 보여집니다. 2019년 구글의 quantum supremacy 논문에서 오류 보정이 어느정도 가능성이 보여졌고 그 결과에 힘입어 앞으로의 roadmap까지 발표하는 것을 보면 해결이 머지 않았음을 알 수 있습니다. 구글 외의 양자 컴퓨터 회사들도 오류 문제에 있어서는 대응 방법을 찾아 가는 것으로 보입니다. 제 발표의 내용처럼 qubit 여러 개를 컨트롤 하는 기술이 발전하면 오류 문제는 해결되게 됩니다. 양자 정보의 input/output 문제는 오류 문제보다 좀더 해결하기 힘들 수도 있습니다. 이는 고전 정보와 양자 정보간의 대응 관계에 대한, 좀더 근본적인 차원의 질문에 답을 해야 하기 때문입니다. 양자 정보의 I/O 문제는 오류 문제보다 최근에 주목 받기 시작해 이론적인 진전이 많지 않은 상태입니다. 양자 오류 문제는 양자 컴퓨터에 필요한 디바이스를 qubit으로 구성하기 위해 필요한 기술인 반면 QRAM의 문제는 이 디바이스들 간의 정보 교환을 어떻게 하는지 그 구조에 대한 문제입니다. 현재는 양자 컴퓨터 회사들도 qubit을 늘리는데 좀더 집중하고 있는 것으로 보여져 QRAM에 대해서 얼마나 심도 있게 고려하고 있는지는 모르겠습니다. 오류 문제를 해결하고 어느 정도 qubit의 확장 신뢰도가 올라가게 되면 그 후에 qubit들로 이루어진 디바이스간의 연결과 정보 전달에 대해서 고민할 것이라 생각합니다. 양자 컴퓨터 H/W와 구조부터 고려해야 할 사항이 많기에 이론을 통해 원론적으로 이를 접근하는 것은 한계가 있고 어느 순간 양자 컴퓨터 H/W회사들이 관심이 옮겨가게 되면 해결될 것이라 보여집니다. 수년내에 오류 문제가 해결되고 그 후에 QRAM에서 기술적 진전을 기대해 볼 수 있겠습니다.

- Q2. 양자컴퓨터를 이중화해서 오류를 하나 컴퓨터에서 수정하고 각각 상호 보완하면 오류에 대한 해결책이 되지 않을까요?

그러한 방법이 qubit을 추가해 fault tolerant한 device를 만들어 오류를 보정하는 방식입니다. Qubit 1개가 하나의 양자 컴퓨터라고 봐도 무방합니다.

Q3. 100만 컴퓨터가 10만 qubit을 만들면 1대1이 아닌데 그 이유는 왜인가요?

여러 개의 qubit이 하나의 오류가 적은 logical qubit으로 사용되기 때문입니다.

Q4. 양자 알고리즘이 발전하기 어려운 현실적인 문제가 무엇인가요?

양자 컴퓨터의 작동 방식이 직관적이지 않아 알고리즘을 디자인 하는 것이 쉽지 않습니다.

Q5. SDS에서는 어떤 연구가 주로 이루어지고 있나요? 가령 FT를 가정하고 돌릴 수 있는 알고리즘을 연구하는 것인지 아니면 방금 소개해주신 것처럼 양자오류와 머신러닝을 합친 연구가 진행되는지 궁금합니다!

머신러닝을 이용해 양자 알고리즘을 디자인하는 연구를 수행중입니다. 지난 techtonic 영상들을 보시면 세부 내용을 아실 수 있습니다.

Q6. 중국 기업의 개발현황은 어떤 상태인가요?

중국도 많은 투자가 이루어지고 있고 국가 주도의 역량 결집이 이뤄지고 있는 것으로 보입니다. 많은 부분이 베일에 쌓여 있기 때문에 정확한 역량을 파악하는 것이 쉽지는 않으나 최근 구글이 2019년에 보였던 양자 우월성을 재현하는 등 미국과 대등한 수준의 진보를 이룬것으로 보입니다.

Q7. 양자 정보는 복제가 불가능한 이유와 정보가 사라지는 이유가 무엇일까요?

두가지는 양자 물리학의 대전제와도 같은 것입니다. 물리적 이유를 답하는 것은 불가능합니다. 양자 정보의 복제가 불가능한 이유를 양자 이론의 구조에서 찾자면 슈뢰딩거 방정식이 선형 방정식이기 때문입니다. 선형 방정식이 아닐 경우 복제가 가능하게 되고 더불어 빛보다 빠른 정보의 전달과 NP 문제들을 양자 컴퓨터가 풀 수 있게 되는 등 여러가지 직관과 상충하는 일들이 가능해 집니다. 측정을 통해 파동함수가 붕괴되고 양자 정보가 사라지는 현상도 양자 이론의 전제에 해당하고 이를 해석하는 하나의 결론이 존재하지 않습니다.

Q8. 오류가 사라지면 디버깅은 어떻게 하나요?

발표에서 말씀드린 오류는 qubit에서 발생하는 물리적 오류 입니다. 알고리즘 내의 SW적 오류를 말하는 것은 아닙니다.

Q9. Q-bit에서 phase coherence를 이용하게 될 텐데요, 이때 phase coherence의 오류를 확인할 수 있는 방법이 있나요?

3 qubit repetition code에서 Hadamard gate를 추가하면 phase flip 오류를 보정할 수 있습니다. Surface code에서는 phase flip과 bit flip 모두 검출할 수 있습니다.

Q10. 양자 컴퓨터 개발 방향 관련하여 오류 보정 방법을 선택할 때 고려해야 할 요소들에 대해서 문의 드립니다.

Qubit들 간의 연결성을 고려해 오류 보정 방법을 선택합니다. 초전도 qubit은 멀리 떨어져 있는 qubit들 간의 얽힘을 생성하는 것이 어렵습니다. 그렇기 때문에 이웃한 qubit들 간의 얽힘을 이용한 surface code가 오류를 보정하기에 적합한 방법 입니다. 반면 ion trap으로 만들어진 qubit들은 물리적 거리가 있더라도 얽힘을 생성할 수 있어서 surface code를 굳이 사용하지 않아도 됩니다. 이외에도 qubit으로 사용되는 물리적 대상들의 특성들이 고려되어야 합니다. Di Vincenzo's criteria를 보시면 qubit의 구현 방법에 따른 특성들을 파악하실 수 있습니다.

Q11. 양자컴퓨터에 데이터를 저장하거나 불러오는게 어렵다고 하는데 고전

컴퓨터와는 어떻게 다른 하드디스크를 가진 건가요?

임의의 양자 상태를 생성해 내는 것이 어렵습니다. 많은 정보를 저장할 수 있는 것만큼 초기 양자 상태를 준비하기 위해 컨트롤 해야하는 파라미터의 수가 많습니다. 이 파라미터들을 조정해주는 데 시간이 많이 걸립니다. 양자 상태가 가진 정보를 모두 얻어 내기 위해서는 여러가지 측정 또한 필요합니다. 이러한 파라미터의 설정과 측정을 컴퓨테이션 과정 중에 반복하게 되면 양자 알고리즘의 속도 향상에서의 시간적 이득을 잃게 됩니다. 양자 컴퓨터는 현재 정보를 저장하고 불러들이는 일련의 task를 관리하는 수준에까지 도달하지는 못했습니다. 양자 정보는 빠른 시간에 사라지기 때문에 어떻게 메모리를 만들어야 할지도 숙제입니다. 양자 오류 문제를 해결해 qubit들로 디바이스를 잘 만들 수 있게 되면 양자 메모리와 양자 프로세서등을 이용해 여러 작업들을 수행 할 수 있는 현재의 컴퓨터와 같은 양자 컴퓨터가 출현 할 수 있을 것입니다.

Q12. 양자컴퓨터가 AI 기술과 연관되어 있나요?

AI기술의 한 분야인 머신러닝에서 양자 컴퓨터가 효과 적일 거라는 기대가 있습니다. 그것은 머신러닝 과정에서 필요한 최적화 등의 연산에 양자 컴퓨터가 효율적일 것이라 믿어지기 때문입니다.

Q13. 양자컴퓨터와 블록체인기술의 산업적인 측면에서 시너지효과는?

블록체인 기술은 정보 및 자산의 탈중앙화를 지향하는 기술이고 양자 컴퓨터는 기존 컴퓨팅의 난제들을 효율적으로 계산하기 위한 대안중의 하나입니다. 블록체인의 산업적인 측면에서 계산 복잡도 증가의 문제가 있다면 양자 컴퓨터가 기여 할 수 있는 측면이 있습니다.

Q14. 미국과 중국은 슈퍼컴퓨터에 이어 양자컴퓨터 분야에서도 주도권을 잡기 위해 경쟁하고 있는 걸로 알고 있습니다. 대한민국의 현재 위치는 어느 정도 일까요? 추가로 양자컴퓨터의 상용화와 전망에 관해 문의 드립니다.

국내 기술 발전 상으로만 본다면 많이 뒤쳐져 있는 것이 사실입니다. 그러나 양자 컴퓨팅을 연구하는 미국 유수의 대학 및 기업 연구소에 한국인 연구자 분들이 많이 포진되어 있습니다. 시너지를 낼 수 있는 가능성이 열려있다고 생각합니다.

Q15. 그럼 SDS가 전략적으로 접근하고자 하는 양자컴퓨팅 투자 전략이나, 사업방향은 어떤 것인가요? SW적인 양자 알고리즘 학습인가요?

원천 기술을 축적하는 과정중에 있습니다.