

# IBM 양자 컴퓨팅, 확장으로 가는 길 타협

(2021.08.31., 양자정보연구지원센터)

## □ Big Blue 양자 프로세서

- 단순성(simplicity)을 위해 연결성(connectivity) 희생
- heavy-hex 격자의 세 개 단위 셀
  - 제어 위한 세 개 고유 주파수(다크 블루), 두 개 대상 큐비트 세트(녹색 및 보라색) 패턴 나타냄

## □ 양자 컴퓨터

- 복잡성, 성능 및 확장성에 큰 영향
  - Big Blue 모든 양자 프로세서는 사각형 레이아웃(Google, Rigetti 컴퓨팅)보다 큐비트 간 연결이 상당히 적은 육각형 레이아웃 사용 예정(~8월 8일)
  - 장치의 물리적 레이아웃과 큐비트 사이 연결 설명, 다양한 프로세서 토폴로지 사용한 몇 년의 실험 결과임
- 양자 볼륨(Quantum Volume)
  - 높은 연결성에 상당한 비중을 두고 있음에도 연결 수는 꾸준히 감소, 연결 비용이 발생하기 때문
  - 큐비트 간 연결이 많을수록 오류 발생이 쉽고 문제가 심각해짐, 연결을 축소하면 오류가 기하급수적으로 감소하게 됨
- IBM, heavy-hex 토폴로지 처음 도입(2020)
  - 20개 이상의 프로세서에 모두 설계
  - 2023년 1,121 큐비트 Condor 프로세서 나오기 전까지 양자로드맵 명시된 모든 장치에 사용될 것임
  - 초기 프로세서 뿐 아니라 초전도 큐비트 대부분 다른 양자 컴퓨터에 사용되는 정사각형 격자 연결을 상당히 줄임

- 이온트랩 큐비트 사용 양자 컴퓨터(Honeywell, IonQ)는 두 개 큐비트 간 상호작용 허용하지만, 기술적 도전이 따름

- IBM 사용하는 큐비트 종류로 결정

- 마이크로웨이브 주파수에 응답하도록 조종됨(구글, 리게티 사용 큐비트), IBM 큐비트는 고정되어 시스템 구축 쉽고 제어 시스템 복잡성 줄일 수 있음
- 연결이 줄어들면 회로 구현이 어려워짐, 두 개 큐비트가 직접 연결되지 않은 경우 스왑 작업이 수반
- 연결 감소에 따라 필요 작업 수 증가하지만 오버헤드가 일정하게 유지

- 대안

- 재료과학 및 하드웨어 설계와 같은 다른 분야의 발전에서 많은 진전이 필요
- 구글의 튜닝 가능한 큐비트들은 더 많은 연결 지원 가능하지만 구축이 더 복잡하며 확장이 더 어려워짐

## □ 양자 컴퓨터 진행 상황 측정 척도

- 복잡성, 성능 및 확장성에 큰 영향

- 큐비트 수, 열 또는 전자기파 원 형태 발생하는 잡음은 깨지기 쉬운 큐비트 사이에서 연산 중단 위험 있음
- 양자 컴퓨팅 기술의 불완전한 단계에서 신뢰할 수 있는 측정으로 양자볼륨 개념 제안(2의 큐비트 수 제공)
- 회로의 크기: 너비(큐비트 수 기반) 또는 깊이(게이트 수 기반)로 정의
- NISQ 시대 양자 컴퓨터 성능 척도로 훌륭한 방법, 노이즈와 함께 발생할 수 있는 잠재적 오류가 없는 경우 가능

### (원문)

1. <https://spectrum.ieee.org/ibm-s-quantum-computing-compromise-the-road-to-scale>
2. <https://spectrum.ieee.org/measuring-progress-in-the-noisy-era-of-quantum-computing>