

# 미래 양자 컴퓨터 구축을 위한 로드맵 제시 연구

(2024.11.19., 양자정보연구지원센터)

## □ 미래 양자 컴퓨터 구축을 위한 로드맵 제시

### ○ 미래 양자 슈퍼컴퓨터 구축 로드맵

- ArXiv에 게시된 논문 “How to Build a Quantum Supercomputer” 에서 양자 컴퓨터와 고성능 컴퓨팅(HPC)을 통합한 슈퍼컴퓨터의 전략 제시
- 양자 컴퓨터는 기존 컴퓨터의 대체가 아닌, 특정 작업을 수행하는 가속기로 사용될 것을 강조

### ○ 주요 연구 내용

- (큐비트 품질과 제작) 반도체 공정을 활용하여 일관된 품질의 큐비트 제작
- 현재 큐비트의 높은 오류율로 인해 시스템 성능 저하 발생
- (하이브리드 양자-클래식 시스템) 양자와 고성능 컴퓨팅 통합으로 데이터 처리 병목 현상 해결
- 양자 프로세서를 보조 프로세서로 활용하여 효율성 증대
- (오류 정정) GPU와 양자 디코더 통합을 통해 실시간 오류 감지 및 정정
- (웨이퍼 스케일 통합) 단일 칩에 수천 개 큐비트를 집적해 통신 지연 감소 및 효율성 향상

### ○ 확장 과정의 기술적 과제

- 작은 규모(100 ~ 1,000 큐비트) 하드웨어 품질 저하 및 “비만 꼬리(fat-tail)” 오류로 인한 성능 저하
- 중간 규모(1,000 ~ 10,000 큐비트) 냉각 시스템 및 복잡한 배선으로 인해 비용 증가
- 큰 규모(10,000 ~ 100,000 큐비트) 오류 정정 프로토콜의 자원 요

구량 증가 및 디버깅 난이도 상승

- 초대형 규모(100,000 ~ 1백만 큐비트) 분산 양자 컴퓨팅 도입으로 프로세서 간 통신 및 워크로드 관리 필요
- 양자 화학과 실용적 응용
  - 양자 화학이 약물 개발 및 재료 과학에서 핵심 응용 분야로 부상
  - para-benzynes과 FeMoco 분자 시뮬레이션은 양자 컴퓨터를 통해서만 가능
  - 양자 위상 추정(QPE) 알고리즘 최적화를 통해 효율적 계산 가능
- 양자-고성능 컴퓨팅 통합 전략
  - 양자 프로세서(QPU)와 CPU, GPU, FPGA 간의 긴밀한 통합으로 성능 향상
  - 기존 HPC 프로그래밍 환경에 양자 프로그래밍 도구 통합
  - 모듈형 설계를 통해 다양한 양자 기술 수용
- 제언과 미래 방향
  - (표준화된 아키텍처 개발) 양자 및 클래식 하드웨어를 관리할 수 있는 통합 운영 체제 필요
  - (산학 협력 강화) 반도체, HPC, 양자 연구 커뮤니티 간 협력으로 기술 개발 가속화
  - (효율적 알고리즘 개발) 하드웨어 확장과 함께 응용을 위한 최적화된 알고리즘 필요
- 결론
  - 본 연구는 양자 컴퓨터의 기술적 과제와 해결 방안을 체계적으로 제시
  - 다양한 기관의 협력으로 양자 슈퍼컴퓨터 개발이 가능하다고 전망
  - Hewlett Packard Labs, NASA Ames 등 다수 연구기관 참여

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/11/18/study-offers-roadmap-for-building-tomorrows-quantum-supercomputers/>