

존스홉킨스 연구팀, 초전도 프로세서의 양자 잡음 모델 개발

(2026.07.20 양자정보연구지원센터)

□ Johns Hopkins, 초전도 프로세서 내 양자 잡음 모델 구현

- 존스홉킨스 연구팀, 초전도 양자프로세서용 통합 양자 잡음(Noise) 모델 개발
 - 미국 존스홉킨스 응용물리연구소(APL)와 존스홉킨스대학교 연구진은 초전도 양자프로세서에서 발생하는 다양한 양자 잡음을 하나의 프레임워크로 분석·예측할 수 있는 실용적인 잡음 모델을 개발하고, 연구 결과를 PRX Quantum에 발표함
 - 새 모델은 기존 잡음 예측 기법 대비 약 7배 높은 예측 정확도를 달성했으며, 소수의 매개변수만으로 다양한 잡음 현상을 설명할 수 있는 것이 특징임
 - 양자컴퓨터의 핵심 소자인 큐비트(Qubit)는 전기장, 자기장, 온도 변화 등 외부 환경의 영향을 매우 쉽게 받아 오류가 발생하므로, 정확한 잡음 모델은 신뢰성 높은 양자 알고리즘과 오류 보정 기술 개발의 핵심 요소로 평가됨
 - 연구진은 모든 물리 현상을 복잡하게 모델링하기보다, 다양한 잡음 메커니즘을 하나의 실험 검증된 모델로 통합해 실제 양자컴퓨터의 동작을 효과적으로 예측하는 접근법을 제시함
- 클라우드 기반 양자컴퓨터 환경에서도 적용 가능한 잡음 분석 기법 제시
 - 연구팀은 IBM 등 클라우드로 제공되는 “7개의 초전도 양자프로세서(총 39개 큐비트)”를 활용해 실제 다중 큐비트 환경에서 잡음을 분석함
 - 연구 대상은 현재 가장 널리 활용되는 초전도 큐비트인 “트랜스몬(Transmon)”으로, 전하 잡음에 대한 민감도를 낮춘 대표적인 양자컴퓨팅 플랫폼임

- 클라우드 환경에서는 하드웨어 내부 제어 정보에 접근할 수 없기 때문에 기존의 저수준(Low-level) 측정 방식 적용이 어려웠으며, 이는 실제 상용 양자컴퓨터 이용 환경과 유사한 조건임
- 연구진은 개별 게이트 동작을 직접 분석하는 대신 동일한 연산을 반복 수행하여 오류를 의도적으로 누적시키고, 오류 발생 빈도와 기대 결과로부터의 편차를 분석해 내부 잡음 특성을 추정하는 새로운 분석 방법을 적용함
- 해당 방법은 하드웨어 제조사의 내부 정보 없이도 양자프로세서의 신뢰성과 잡음 특성을 평가할 수 있어 상용 클라우드 양자컴퓨팅 환경에 적합한 분석 기법으로 평가됨

○ 두 종류의 양자 오류를 하나의 모델에서 동시에 설명

- 연구진은 기존 연구에서 각각 별도로 다루어지던 비결맞음(Incoherent) 오류와 결맞음(Coherent) 오류를 하나의 통합 모델로 표현하는 데 성공함
- 비결맞음 오류는 양자정보가 외부 환경과의 상호작용으로 영구적으로 손실되는 오류이며, 결맞음 오류는 제어 신호나 하드웨어 보정 오차 등으로 발생하는 오류로 비교적 수정이 가능함
- 새로운 모델은 다양한 오류 메커니즘을 적은 수의 매개변수로 설명하면서도 실제 양자 알고리즘의 성능까지 예측할 수 있는 포괄성을 확보함
- 연구진은 이러한 통합 모델이 초전도 양자프로세서를 대상으로 두 종류의 오류를 동시에 예측하는 최초 수준의 프레임워크라고 설명함

○ 향후 오류 보정 및 차세대 양자컴퓨터 개발에 활용 기대

- 연구진은 개발된 잡음 모델을 하드웨어 설계, 양자 알고리즘 개발, 오류 보정(Error Correction) 등 양자컴퓨팅 전 계층(Quantum Computing Stack)에 적용할 계획임

- 모델을 통해 확보되는 잡음 특성 정보는 양자 하드웨어의 성능 향상뿐 아니라 양자 소프트웨어 최적화와 오류 관리 기술 개발에도 활용될 것으로 기대됨
- 이번 연구는 미국 에너지부(DOE) 지원을 받아 수행 중인 SMART Stack 프로젝트의 일환으로 추진되었으며, 다양한 양자컴퓨팅 플랫폼에서 확장 가능하고 적응형 오류 관리 기술 개발을 목표로 함
- 연구에는 존스홉킨스대 외에도 시카고대, 미시간대, 로렌스 리버모어 국립연구소, Unitary Foundation, Inflection 등이 참여했으며, 연구진은 이번 성과가 신뢰성 높은 오류 허용(Fault-tolerant) 양자컴퓨터 구현을 위한 중요한 기반 기술이 될 것으로 평가함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/06/10/johns-hopkins-team-models-quantum-noise-on-superconducting-processors/>