

하이브리드 AI, 양자 하드웨어 확대로 에너지 효율 향상 가능

(2026.08.25., 양자정보연구지원센터)

□ 하이브리드 AI, 양자 하드웨어 확대로 에너지 효율 향상 가능

○ 하이브리드 양자-고전 AI의 에너지 효율 가능성 제시

- IonQ와 QuantumBasel 연구진은 AI 모델의 일부 연산을 양자컴퓨터에서 수행하는 하이브리드 방식이 기존 고전적 시뮬레이션보다 에너지 효율이 높아질 가능성을 실험적으로 분석
- IonQ의 36큐비트 Forte Enterprise 이온트랩 양자컴퓨터에서 BERT 계열 모델의 최종 분류 계층을 파라미터화된 양자회로로 대체하여 감성분석 수행
- 실제 전력 소비를 직접 측정한 결과, 양자컴퓨터의 에너지 소비는 큐비트 수에 따라 대략 선형적으로 증가한 반면 GPU를 이용한 상태벡터 시뮬레이션은 지수적으로 증가했으며, 약 34큐비트에서 에너지 손익분기점에 도달할 것으로 추정

○ AI 성능과 에너지 효율을 동시에 확인

- 오류 완화 기법을 적용한 양자 하드웨어의 최고 정확도는 “91.2%” 로, 노이즈가 없는 시뮬레이션 결과 92.06%에 근접했으며 고전적 로지스틱 회귀 및 SVM 기준 성능을 상회
- 최상의 양자 모델은 시뮬레이션에서 고전적 파인튜닝 기준 대비 분류 오류를 약 24%, 실제 양자 하드웨어에서는 약 16% 감소
- 다만 정확도 향상을 위해 측정 횟수(shots)가 증가하면서 전체 에너지 소비도 증가하는 것으로 나타나 정확도와 에너지 효율 간 균형이 중요함을 확인

- ‘Energy-to-Solution’ 을 통한 양자컴퓨팅 효율성 평가
 - 연구진은 단순한 연산 속도가 아니라 특정 작업을 완료하는 데 필요한 총 전력 에너지(Energy-to-Solution)를 양자컴퓨팅 성능의 새로운 평가 지표로 제시
 - 얇은 양자회로에서는 큐비트 수 증가에 따라 양자 에너지 요구량이 대략 선형적으로 증가하는 반면, 고전적 상태벡터 시뮬레이션은 큐비트가 하나 증가할 때마다 상태공간이 두 배로 증가하여 에너지 요구량이 지수적으로 증가
- 아직 일반적인 양자 우위를 입증한 단계는 아님
 - 이번 연구는 특정 하이브리드 머신러닝 구조와 하나의 자연어 처리 작업을 대상으로 한 개념증명으로, 광범위한 양자 우위를 입증한 것은 아님
 - 양자 프로세서에서는 추론만 수행했으며, 모델 학습과 양자회로 파라미터 최적화는 고전적 시뮬레이션 환경에서 수행
 - 에너지 분석은 최대 28큐비트, 정확도 분석은 최대 18큐비트 규모였으며, 34큐비트 손익분기점은 실제 측정값이 아닌 추정치임
 - 향후 양자 하드웨어에서 직접 양자 AI 모델을 학습시키고, 슈퍼컴퓨터를 포함한 대규모 고전 컴퓨팅 시스템과 비교하는 연구가 필요함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/07/21/ionq-quantumbasel-study-suggests-hybrid-ai-workloads-could-gain-energy-advantages-from-quantum-hardware-as-systems-scale/>