

하이브리드 양자 접근법, 우주 탐사 임무에서 도움

(2025.03.11., 양자정보연구지원센터)

- 하이브리드 양자-고전 컴퓨팅 모델, 우주 탐사 미션에서 우주비행사 지원 가능성 제시
 - 하이브리드 양자-고전 모델 제안
 - 최근 발표된 연구에서 우주 미션의 운영을 개선하기 위해 양자 기술과 기존 우주선 시스템을 결합하는 하이브리드 양자-고전 컴퓨팅 프레임워크를 제안(*Journal of Industrial Information Integration*)
 - 이 모델은 양자 센서, 프로세서, 통신 네트워크를 고전적인 온보드 컴퓨터와 통합하여 복잡한 문제를 효율적으로 해결하려고 함
 - 양자 컴퓨터의 한계와 하이브리드 모델
 - 현재 양자 컴퓨터는 노이즈, 짧은 큐비트 수명, 높은 오류율 등으로 실용적 배치가 어려운 상태, 하이브리드 모델은 양자 컴퓨터의 장점을 활용하면서 완전한 양자 하드웨어에 의존하지 않도록 함
- 위성 이미지 작업 스케줄링에 적용된 하이브리드 모델
 - QAOA 알고리즘과 전통적인 알고리즘 비교
 - 연구진은 IBM의 Qiskit 양자 시뮬레이터를 이용해 QAOA 알고리즘을 적용하여 위성 이미지 작업 스케줄링 문제를 해결하려 했으며, 전통적인 탐욕적 알고리즘과 비교
 - QAOA는 고우선 작업 실행과 스케줄링 제약을 최대화하는 데 더 뛰어난 성능을 보였지만, 계산 시간이 더 많이 소요되는 단점이 있음
 - 우주 컴퓨팅의 도전 과제
 - 우주 미션에는 행성 탐사, 위성 조정, 실시간 의사결정 등 고급

컴퓨팅 능력이 요구되며, 전통적인 우주 컴퓨터는 대규모 최적화 문제를 처리하는 데 한계가 있음, 양자 컴퓨터는 여러 가능성을 동시에 평가할 수 있어 최적화 문제에서 이점을 가질 수 있음

□ 하이브리드 양자-고전 모델의 작동 원리

○ 구성 요소

- 이 모델은 양자 센서와 프로세서, 고전적 컴퓨팅 모듈, 그리고 두 시스템 간의 정보를 관리하는 통합 인터페이스로 구성됨
- 양자 센서는 우주선의 위치, 중력장, 환경 조건에 대한 고정밀 데이터를 제공하고, 고전적인 시스템은 데이터를 양자 프로세서가 사용할 수 있는 형식으로 변환하여 처리함

○ 하이브리드 모델의 적용 가능성

- 구이 모델은 우주 시스템이 완전한 양자 하드웨어를 기다리지 않고 점진적으로 양자 컴퓨팅을 채택할 수 있게 해줌, 양자 시스템은 고복잡도 문제를 해결하는 데 도움을 주며, 고전적인 시스템은 일상적인 작업을 관리함

□ 우주 탐사의 더 넓은 응용 가능성

○ 네비게이션 및 자율 의사결정

- 양자 알고리즘은 우주 탐사선의 궤도 최적화와 자율적인 의사결정을 개선할 수 있음
- 이는 지구와의 통신이 지연된 먼 우주 지역에서 실시간 결정을 내리는 데 도움을 줄 수 있음

○ 양자 센서와 보안 통신

- 양자 센서는 중력장, 행성 표면, 우주선 위치에 대해 매우 정밀한 측정을 제공할 수 있음
- 또한, 양자 암호화는 우주와 지구 간의 통신에서 민감한 데이터

보호를 강화할 수 있음

○ 전 세계 우주 기관들의 투자

- NASA와 유럽 우주국, 중국의 미시우스 위성 프로그램은 이미 양자 기술을 우주 응용 분야에 적용하고 있으며, 향후 양자-고전 하이브리드 모델은 우주 미션에서 완전한 양자 컴퓨팅 기술로 나아가는 중간 단계가 될 수 있음

□ 향후 연구 과제와 도전 과제

○ 하드웨어 신뢰성 문제

- 현재 양자 프로세서는 짧은 일관성 시간과 높은 오류율로 인해 우주 미션에 적용하는 데 어려움이 있음, 이를 해결하려면 양자 하드웨어의 안정성과 오류 저항성을 개선해야 함
- 또한, 우주 환경에서의 방사선, 온도 변화, 기계적 진동 등이 양자 시스템에 영향을 미칠 수 있기 때문에 이에 대한 보호 장치가 필요함

○ 통합 문제

- 양자 컴퓨터와 고전적 시스템은 정보를 처리하는 방식이 달라, 두 시스템 간의 데이터 흐름을 관리할 수 있는 정교한 알고리즘이 필요함
- 향후 연구는 이러한 통합 문제를 해결하고 실제 우주 환경에서의 성능을 평가하기 위한 실험적 연구가 필요함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/02/27/hybrid-quantum-approach-could-help-astronauts-on-deep-space-missions/>