

양자 컴퓨터로 우주를 담다, 우주론적 입자 생성 시뮬레이션 수행

(2024.10.10., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 컴퓨팅 발전 가속화

- Madrid 자치대학교 연구팀, 디지털 양자 컴퓨터를 사용하여 팽창하는 우주에서의 입자 생성 과정을 시뮬레이션하는 연구를 수행함
 - 이 연구는 IBM 양자 시스템을 활용하여 곡선 시공간에서의 양자장 이론을 탐구하는 새로운 접근 방식을 제공함
- 연구 배경
 - 양자 역학과 일반 상대성이론은 동적 시공간에서 양자장이 어떻게 행동하는지 예측하는 데 어려움이 있음
 - 특히, 우주의 팽창 중에 입자가 어떻게 형성되는지를 이해하는 것이 중요함
 - 이러한 현상은 블랙홀의 호킹 복사와 같은 우주론적 현상과 관련이 있음
- 동적 우주에서의 양자장
 - 시공간이 팽창할 때 입자가 어떻게 형성되는지 다름
 - 곡선 시공간에서의 양자장 이론(Quantum Field Theory in Curved Spacetime, QFTCS)에 의해 예측되는 현상, 곡선 또는 진화하는 중력 배경에서 양자장이 놀라운 방식으로 행동한다고 제안
 - 통제된 양자 환경에서 우주론적 현상 탐구에 새로운 방법 제공함
- 양자 회로 구축, 팽창하는 우주 모델링
 - 연구팀은 스칼라 양자장을 모델링하기 위해 양자 회로를 구축하고, 팽창하는 우주 시나리오를 설정함
 - 이 연구에서는 양자장이 두 가지 진동 모드에서 진동하도록 모델링하여 입자의 생성 과정을 추적함
 - 시뮬레이션은 가상 양자 환경과 실제 IBM 양자 하드웨어에서 수

행됨

- 100개 이상의 양자 게이트로 구성된 회로를 이용하여 양자장 진화를 모델링하고, 제로 노이즈 외삽법을 사용하여 생성된 입자 수를 추정함
- 수학적 모델링: 시공간 확장이 입자를 만드는 방법
 - 우주가 균일하게 팽창하는 것을 모델링하여, 진공 상태의 양자장이 팽창에 반응하는 과정을 설명함
 - Bogoliubov 변환을 통해 생성된 입자의 수를 추정하고, 팽창 속도가 증가할수록 더 많은 입자가 생성됨을 확인함
 - (주요 결과) 양자 회로를 통해 생성된 입자 수를 팽창 속도의 함수로서 추정할 수 있었음
 - IBM 127 큐비트 Eagle 양자 프로세서를 통해 입자 생성 시뮬레이션을 성공적으로 수행함
 - 비록 결과가 잡음이 있었지만, 오류 완화 기술을 통해 이론적 예측과 일치하는 결과를 얻음
- 미래의 가능성
 - 곡선 시공간에서 양자장을 시뮬레이션함으로써 실험실에서 재현하기 어려운 조건을 탐구할 수 있는 가능성을 열음
 - 잡음이 있는 양자 컴퓨터가 여전히 이론적 개념을 탐구하는 데 유용할 수 있음을 보여줌
 - 이러한 연구는 우주의 근본적인 본질에 대한 새로운 통찰력을 제공하는 데 기여할 수 있음
 - 마드리드 자치대학교 물리학 및 양자정보 센터 연구팀
 - 양자 컴퓨팅과 우주론적 탐사 분야의 융합을 통해 중요한 발전을 이끌어낼 것으로 기대됨

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/10/05/hosting-the-universe-in-a-quantum-computer-scientists-simulate-cosmological-particle-creation/>