

양자 제어: 이론에서 현실로 I

(2023.08.03., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 제어 및 작동 원리, 양자 제어와 고전 제어와 차이점

- 양자 제어에서, 양자 이론은 양자 컴퓨팅, 양자 통신 및 정밀 측정이 실행될 수 있도록 중첩 및 얽힘 같은 양자 시스템 속성 활용을 위해 제어 이론 및 고급 기술과 혼합
 - 최첨단 제어 기술과 실험 프로토콜 개발하여 정보 처리, 암호화 및 센싱 발전으로 양자 시스템의 잠재력 실현을 목표로 함, 양자 기술은 다양한 산업 변화, 양자 분야에서 가능한 한계 확장할 것으로 예측
 - 양자 제어는 양자 역학의 법칙을 따르는 시스템을 효율적으로 조작하여 원하는 동작을 생성하는 것, 궁극적으로 고전 세계가 양자 장치와 상호 작용하는 방식과 관련이 있음
- 양자 제어란 무엇이며 작동 원리
 - 양자 제어에서 양자 시스템은 원하는 결과 달성하도록 설계되고 지시됨, 양자 시스템은 다양한 목적 위해 기능 향상 및 동작 개선 위해 외부 필드 또는 제어에 의해 조정됨
 - 전자 및 광자 같은 입자는 양자 역학에서 다중 확률 상태에 있을 수 있음, 양자 제어는 이런 양자 속성을 조작하여 특정 작업 수행이 포함됨
 - 수행할 수 있는 많은 작업 중에는 양자 시스템의 역학을 제어, 원치 않는 효과 억제, 시스템 속성을 강화하거나 시스템을 특정 상태 또는 작동 가능성의 진화로 탐색
 - 원자, 이온, 분자, 고체 장치, 초전도 큐비트 및 양자점 포함하여 양자 제어 기술로 제어 가능한 많은 양자 시스템이 있음
 - 양자 제어에서 자주 사용되는 기술: 해밀토니안 엔지니어링, 실시간 양자 시스템 측정(피드백 제어 루프 사용), 최적 제어 이론(수

학적 최적화 기술 사용), 양자 정보 처리(게이트와 연산 사용)

○ 양자 제어와 고전 제어의 차이점

- **시스템 설명:** 고전 제어 시스템은 고전 법칙을 따르고 고전 물리학을 기반으로 함, 미분 방정식과 고전 역학 사용하여 시스템의 동작을 설명, 반면에 양자 제어는 양자 역학 시스템과 관련 있으며, 양자 역학에서 파동과 연산자는 양자 입자 또는 양자 시스템 설명에 사용됨
- **작동 원리:** 고전적 제어는 초기 조건과 입력에 따라 시스템의 상태와 진화 예측하는 결정론에 따라 작동, 피드백 및 피드포워드 기술에 의존함, 대조적으로 양자 제어는 양자 불확실성의 개념 기반으로 본질적으로 확률적이며 불확실성 도입하지 않고 상태를 정확하게 측정하거나 예측할 수 없음, 제어 필드 또는 연산 적용
- **상태 표현:** 고전 제어 방법 중 PID(proportional-Integral-Derivatives), 상태 공간 제어 및 최적 제어가 있음, 고전적인 제어와 달리 양자 최적 제어, 양자 피드백 제어 및 coherent 제어 같은 기술이 양자 제어 방법에 사용됨, 제어 필드 또는 연산은 얽힘 최대화하거나 원하는 양자 상태 달성 같은 특정 목표 최적화하기 위해 매핑됨
- **응용 프로그램:** 공학, 로봇 공학, 자동화, 항공 우주를 포함하여 고전적 제어의 많은 응용 프로그램이 있음, 양자 제어의 경우 양자 기술, 양자 정보 처리, 양자 컴퓨팅 및 양자 통신이 있음, 양자 상태 준비, 양자 게이트 작동, 양자 현상 조작 및 활용을 통해 양자 오류 수정을 목표로 함
- 일반적으로 양자 제어는 기본 원칙, 시스템 설정 및 시스템을 제어하고 조작하는데 고전적 제어와 다름, 고전적 제어 시스템은 결정론의 법칙으로 지배되는 반면, 양자 제어 시스템은 확률 법칙에 지배됨

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2023/07/19/quantum-control/>