

# 양자 열 트랜지스터, 양자 측정과 피드백 활용

(2024.01.18., 양자정보연구지원센터)

## □ 양자 열 트랜지스터, 양자 에너지 관리의 선두 주자

### ○ 소개

- 양자 시스템과 물질을 동적으로 조작하여 에너지 관리 및 보존에서 중대한 개혁을 실현하기 위해 적극적으로 노력하고 있음
- 이로써 양자 기술을 활용한 첨단 에너지 솔루션을 위한 플랫폼 개발 등 첨단 분야에 투입되고 있음

### ○ 양자 열 트랜지스터(Quantum Thermal Transistor)

- 과학 커뮤니티는 양자 열 트랜지스터에 중점을 두고 있으며, 열 이동의 정밀한 관리를 위해 설계된 정교한 장치임
- 특히 양자 컴퓨터와 같은 다양한 큐비트 기술에 대응하는 현재의 냉각 인프라는 중요한 도전점을 제기하며, 고전을 뛰어넘는 솔루션에 대한 요구가 강화되고 있음

### ○ 양자의 측정과 제어

- 양자 측정과 통제는 첨단 에너지 관리 장치 설계에 중요한 역할을 함
- 이러한 개입은 환경 상호작용에 의한 불필요한 고전 상태 전이, 즉 간섭을 예방하면서 해당 장치의 고유한 양자 특성을 보존하는데 도움이 됨
- 그러나 측정 프로브에 의한 잠재적인 소음 도입으로 인한 어려움이 발생하며, 이에 대한 혁신적인 해결책이 필요함
- 이러한 솔루션으로 “조건화된 양자 열 트랜지스터” 및 확률적 소음 모델(stochastic model of noise)이 소개되었음

### ○ 확률적 모델과 중요성

- 장치가 소형화되면 환경 영향에 대한 민감도가 증가함

- 확률적 소음 모델은 고전 트랜지스터 모델을 모방하여 시스템 내 동적 변화에 대한 통찰력 제공
- 장치 내부의 내재적 변동과 열 소음에 기인한 결잃음 (decoherence) 등이 작용하여 작은 규모 장치 내에서 운영 제한에 대한 포괄적인 이해를 제공함
- 지속적인 개선 및 연구
  - 기능적인 양자 열 트랜지스터는 초기 단계에 있으며, 계속해서 개선이 필요함
  - 동시에 현재 발표된 연구는 선도적인 프레임워크를 수립하고, 향후 연구에서 이러한 장치가 연속적인 측정을 통한 피드백 제어에 노출될 때 복잡한 동역학 연구를 목표로 함
- 양자 피드백 메커니즘
  - 양자 피드백은 고전 전자의 대응물과는 다른 독특한 특성을 보임
  - 결과적으로 양자 피드백 메커니즘을 열 트랜지스터에 원활하게 통합하기 위해 광범위한 탐구가 필수적이며, 혁신적이고 높은 효율의 열 관리 시스템이 등장에 길을 열어줌
- 양자 열 트랜지스터에 대한 확률적 소음 모델
  - 양자 열 트랜지스터의 소음 모델 개발에 중점을 두고 있음, 전자 트랜지스터를 모방하여 양자 열 트랜지스터의 아날로그 모델 구축하는 것이 주요 목표임
  - 기존 연구는 연속적인 측정과 같은 환경의 간섭으로 인한 양자 열 트랜지스터의 확률적 행동에 초점을 맞추고 있으며, 양자 열 트랜지스터의 작은 신호/소음 모델을 정의하여 고차원의 열 관리 장치 설계에 도움이 되는 통찰력을 얻고자 함

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/01/08/quantum-thermal-transistors-harnessing-quantum-measurement-and-feedback/>