

연구진, 소리에서 최초로 실시간 양자 점프 관측

(2026.10.19., 양자정보연구지원센터)

□ 스탠퍼드대학 연구진, 소리에서 최초로 실시간 양자 점프 관측

- 스탠퍼드대 연구진, 소리의 양자 점프를 실시간으로 직접 관측
 - 스탠퍼드대 Amir Safavi-Naeini 교수가 이끄는 연구진이 기계적 공진기(mechanical resonator)에서 소리의 양자 점프를 실시간으로 직접 관측하는 데 성공함
 - 연구 결과는 국제 학술지 Science에 게재되었으며, 100여 년 전부터 연구되어 온 양자 점프 현상을 소리 영역에서도 직접 확인했다는 데 의미가 있음
- 양자 점프란 무엇인가
 - 양자 점프는 입자나 시스템이 한 에너지 상태에서 다른 에너지 상태로 연속적으로 변화하지 않고 갑자기 전환되는 현상임
 - 1900년대 초부터 이론적으로 제시되었으며, 1986년에는 갠헨 이온에서, 2007년에는 빛의 입자인 광자에서 양자 점프가 관측됨
 - 소리에서는 에너지의 최소 단위를 “포논(phonon)” 이라고 하며, 이는 많은 원자가 함께 움직이는 집단적인 진동을 하나의 양자 단위로 나타낸 것임
- 소리의 양자 점프를 직접 관측한 방법
 - 연구진은 반도체 칩 제작 기술을 이용해 매우 작은 기계적 공진기를 제작함
 - 공진기는 미세한 소리굽쇠처럼 진동하며, 약 2밀리초 동안 진동을 지속할 수 있음. 일반적인 크기의 소리굽쇠라면 같은 수준의 진동 지속 시간이 수 시간에 해당할 정도임

- 공진기의 긴 진동 지속 시간 덕분에 짧은 시간 동안 수백 차례 측정할 수 있었고, 진동 에너지가 1단계에서 0단계로 갑자기 변하는 순간을 확인함
- 연구진은 이를 통해 개별 포논이 양자 점프를 일으키는 과정을 실시간으로 기록하는 데 성공함

○ 초전도 큐비트를 이용한 정밀 측정

- 양자 시스템은 외부에서 측정하는 순간 상태가 교란될 수 있기 때문에, 연구진은 진동 상태를 방해하지 않고 측정하는 방법을 개발해야 했음
- Takuma Makihara와 Erik Szakiel 등 연구진은 기계적 공진기를 초전도 큐비트와 결합함
- 초전도 큐비트는 양자정보를 저장할 수 있을 뿐 아니라 공진기의 상태를 확인하는 민감한 검출기 역할을 수행함
- 연구진은 약 2밀리초 동안 공진기 내부의 포논이 에너지 상태 1인지 0인지 반복적으로 측정해 양자 점프가 발생한 순간을 찾아냄

○ 양자컴퓨팅과 오류정정에 활용 가능

- 이번 연구는 단순히 소리의 특성을 관찰한 것을 넘어 새로운 양자기술 개발의 기반이 될 수 있음
- 양자컴퓨터에서는 양자 상태가 외부 환경의 영향을 받아 오류가 발생하는 것이 중요한 문제인데, 일부 양자컴퓨팅 방식에서는 양자 점프가 오류 발생과 연결될 수 있음
- 따라서 양자 점프가 발생한 시점을 정확히 찾아낼 수 있다면 양자 오류정정 기술을 발전시키는 데 도움이 될 수 있음

○ 정밀 센서와 차세대 기술로의 가능성

- 매우 작고 민감한 기계적 공진기와 초전도 큐비트의 결합은 고감도 센서로도 활용될 가능성이 있음
- 연구진은 이미 다른 연구팀과 함께 이 기술을 이용해 세포 내부의 단백질을 감지하고 식별하는 연구를 진행하고 있음
- 또한 소리는 스마트폰을 비롯한 다양한 전자기기에 활용되고 있기 때문에, 소리를 정밀하게 제어하는 기술이 발전하면 차세대 음향·전자기기의 성능 향상에도 활용될 수 있음

○ 연구의 의의

- 이번 연구는 개별 포논의 양자 점프를 실시간으로 관측함으로써 소리 역시 양자역학적 행동을 나타낸다는 것을 직접 확인했다는 데 의미가 있음
- 특히 기계적 진동을 양자 수준에서 정밀하게 제어하고 측정할 수 있는 기반을 마련했다는 점에서, 향후 양자컴퓨팅, 양자센싱, 오류정정 및 초정밀 측정 기술 발전에 중요한 출발점이 될 것으로 평가됨

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/09/18/researchers-observe-first-real-time-quantum-jump-in-sound/>