

빛을 위한 라우터, 초전도 양자 네트워크 구현 가능성

(2025.04.21., 양자정보연구지원센터)

- 빛을 위한 라우터: 초전도 양자 네트워크 구현 가능성 열어주는 변환기 개발
 - 연구 개요
 - 광자(빛)를 제어하는 양자 라우터(광-미아크로파 변환기)를 개발하여, 초전도 기반 양자 네트워크 구축의 실마리 제시
 - 하버드 응용과학 및 공학부(SEAS), 마르코 론차르 교수 연구팀(*Nature Physics* 게재)
 - 광학 신호만으로 초전도 큐비트 제어한 최초의 실험 성공
 - 연구 배경 및 필요성
 - (양자 컴퓨팅의 확장 과제) 현재 주류 플랫폼인 초전도 큐비트는 마이크로파 주파수로 작동하며, 절대영도(-273°C) 수준의 냉각 필요
 - 향후 수백만 개 큐비트를 연결해야 하는 모듈형 양자 컴퓨터를 만들려면 효율적이고 확장 가능한 인터페이스 필요
 - (광자의 장점) 광자는 낮은 손실, 높은 속도, 넓은 대역폭을 지닌 뛰어난 정보 전달 매개체
 - 이미 전 세계에 구축된 광섬유 인프라와 호환 가능
 - 변환기(Transducer)의 특징과 작동 방식
 - (장치) 약 2mm, 종이 클립 모양
 - 마이크로파 공진기와 두 개의 광학 공진기 연결
 - 리튬 니오베이트(LiNbO₃) 사용, 비선형 광학 특성으로 양방향 에너지 교환 가능

- (작동 방식) 광자가 들어오면 광학 공진기를 통해 에너지 교환이 일어나고, 마이크로파 공진기에 전달
 - 반대로, 마이크로파 큐비트 상태를 광학 신호로 읽어내거나 전송 가능
 - 기존의 부피 큰 마이크로파 케이블 불필요 - 냉각 부담과 구조적 복잡성 대폭 감소
- 연구의 기술적 성과 및 응용 가능성
 - (기술 성과) 광학 신호로 초전도 큐비트 제어 시연
 - 신호 손실과 잡음 억제 가능성 확인
 - 기존 마이크로파 시스템 대비 더 작고 효율적인 제어 및 읽기 장치 구현 가능
 - (미래 응용 가능성) 양자 얽힘 상태 생성 및 분배를 광자로 구현 가능 -> 양자 인터넷 핵심 요소
 - 멀리 떨어진 양자 컴퓨터 간의 직접 연결 실현 가능
 - 분산형 양자 컴퓨팅, 광자 기반 클라우드 양자 서비스 등 확장성 뛰어남
 - 협력 및 연구 지원
 - (협력 기관) Rigetti Computing: 알루미늄-실리콘 기반 초전도 큐비트 제공
 - 시카고대, MIT: 공동 실험 설계 및 데이터 해석
 - 하버드 나노스케일 시스템 센터 : 칩 제조
 - (연구 지원 기관) 미 국방부(DARPA, 공군 육군 연구소), NSF, DOE, Packard Foundation, NTT Research 등 다수 민간 및 정부 연구 기금

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/04/02/a-router-for-photons-scientists-say-transducer-could-enable-superconducting-quantum-networks/>