

상온 메모리 이용한 통신용 양자 얽힘 구현 성공

(2025.04.10., 양자정보연구지원센터)

□ 상온 양자 메모리를 이용한 통신과장 양자 얽힘 구현

○ 연구 개요

- Qunnect 연구팀은 상온 양자 메모리와 통신과장(1324nm) 광자 간 얽힘(entanglement)을 실현함
- 실험에서는 최대 90.2% 얽힘 신뢰도(Fidelity) 달성(arXiv 게재)
- 초당 최대 1,200쌍의 얽힘된 광자-메모리 쌍 생성 가능, 80% 정확도 유지

○ 연구의 필요성과 의의

- 대규모 양자 통신망 구축에는 기존 광섬유 인프라를 통한 얽힘 분배가 필수적임
- 기존 방식의 문제점을 거리 한계와 신호 손실로 인해 양자 중계기(Quantum repeater)가 필요
- 상온 루비듐 증기 기반 시스템은 냉각이 필요 없는 간단하고 확장 가능한 대안 제시

○ 실험 방법 및 기술적 특징

- 사용된 원자: Four-wave mixing 방식으로 1324nm(텔레콤)와 795nm(근적외선) 광자 쌍 생성
- 저장 방식: 795nm 광자를 상온 양자 메모리에 저장(전자기 유도 투명성: EIT 방식)
- 측정 방법: 양자 상태 단층촬영(Quantum state tomography)으로 얽힘 신뢰도 측정
- 성과: 86.5% 실측 얽힘 신뢰도, 이론적 최대 90.2%, 경쟁력 있는 성능 확보

- 기술적 장점
 - 상온 동작: 냉각 설비 없이 실온에서 작동, 설치 및 유지비용 절감
 - 높은 작동률: 메모리 준비시간이 $1\mu\text{s}$ 미만으로 거의 실시간 운용 가능
 - 구조 단순화: 양자 주파수 변환(QFC) 불필요- 광자와 메모리 간 직접 호환
 - 낮은 운영 오버헤드: 별도 냉각, 복잡한 레이저 없이 효율적 운용 가능
- 한계점과 해결 방안
 - 결맞음(Coherence) 시간 제약: 원자 확산으로 인해 저장 시간 약 $3\mu\text{s}$ 로 제한
 - 해결책 제안: 항완화 코팅된 증기 셀(Anti-relaxation coating) 적용 시 코히런스 시간 향상 기대
 - 장거리 통신망 적용을 위해 추가 개선 필요: 필터 설계 및 레이저 출력 향상 고려
- 향후 전망 및 응용 가능성
 - 현실적 네트워크 구현 기반 마련: 대규모 양자 중계기 개발로 연결성 확대 기대
 - 현장 실증 가능성: 기존 연구에서 도시 규모 네트워크에서 상온 기반 장치 실증 경험 있음
 - 글로벌 양자 통신망 실현 가능성: 보안성과 효율성을 갖춘 통신 인프라 구성 핵심 기술로 부상
 - 비평가 리뷰 전 단계이나 중요 기여: 빠른 피드백을 위한 arXiv 게재, 후속 심사 예정

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2025/03/19/scientists-achieve-telecom-compatible-quantum-entanglement-with-room-temperature-memory/>