

BNL, StonyBrook, 양자 네트워크 무선 전송 기술 구현

(2026.09.16., 양자정보연구지원센터)

□ 브룩헤이븐, 스톤브룩 연구진, 양자 네트워크 무선 전송 기술 구현

○ 개방 공간을 통한 양자정보 무선 전송 성공

- 미국 에너지부(DOE) 산하 브룩헤이븐 국립연구소(BNL)와 스톤브룩대학교 연구진은 두 기관 사이 21km의 개방된 공간을 통해 양자정보를 담은 광자(photon)를 전송하는 데 성공함
- 이는 미국에서 처음으로 시도된 방식의 실증으로, 기존 광섬유 기반 양자 네트워크의 거리·파장 한계를 극복하고 향후 글로벌 양자 네트워크 구축으로 확장하기 위한 주요 기술적 진전으로 평가됨

○ 자유공간 광통신(FSO) 기반 양자 링크 구축

- 스톤브룩대학교의 ‘Quantum Watchtower’에서 소수의 광자로 구성된 양자 상태를 레이저로 생성하고, 이를 약 5 μ m 직경의 광섬유에서 방출해 21km 떨어진 브룩헤이븐의 ‘Quantum Lighthouse’로 전송함
- 수신 측에서는 초고속 카메라를 이용해 광자가 도착하는 것을 확인함으로써 장거리 자유공간 광학(Free-Space Optical, FSO) 링크의 구현 가능성을 입증함
- 연구진은 이후 야간 환경에서 배경광이 감소한 조건을 활용해 “얽힌 광자(entangled photons)”를 자유공간 링크를 통해 전송·수신하고 양자 특성을 측정하는 데에도 성공함

○ 기존 광섬유 기반 양자 네트워크의 한계 보완

- 브룩헤이븐과 스톤브룩은 기존 상용 광섬유를 이용해 얽힌 광자를 장거리 전송하는 양자 네트워크를 구축해 왔으며, 현재 약 “161마일(약 259km)”에 걸쳐 여러 기관을 연결하고 있음

- 그러나 광섬유는 통신용으로 최적화된 특정 파장에 의존해야 하는 한계가 있어, 양자 프로세서 등에서 활용되는 다른 파장의 광자를 직접 연결하는 데 제약이 있음
- 자유공간 광링크는 광섬유의 물리적 연결에 의존하지 않으면서 다양한 파장의 광자를 전송할 수 있어, 양자컴퓨터 · 양자센서 · 양자통신 장치 간 연결 기술로 활용될 가능성이 있음

○ ‘천문관측 기술을 활용한 정밀 양자통신 구현

- 양자정보는 외부 환경에 매우 민감하기 때문에 일반적인 무선통신에 사용되는 전파 대신 **광학 영역의 빛**을 이용해 정보를 전달함
- 연구진은 천문학 분야에서 활용되는 망원경의 정밀 광학 · 제어 기술을 적용해 대기 난류에 따른 광자의 왜곡과 양자정보 손실을 최소화함
- 양 기관의 옥상에 특수 시설을 구축하고 광학장치, 제어시스템, 통신장비, 양자 광원 및 검출기를 통합해 21km 떨어진 두 시설이 하나의 양자 실험 시스템처럼 작동하도록 구현함

○ 얽힘 기반 양자 네트워크로의 확장

- 양자 얽힘은 서로 멀리 떨어진 입자 사이에도 상관관계를 유지하는 양자역학적 특성으로, **고보안 양자통신 · 양자센싱 · 분산형 양자컴퓨팅의 핵심 기술로 활용될 수 있음**
- 연구진은 현재 구축된 자유공간 링크에 얽힌 광자를 적용함으로써 기관 간 지속적인 양자정보 교환을 구현하는 단계로 발전시키고 있음
- 이를 통해 서로 다른 장소에 위치한 양자 프로세서를 연결해 하나의 분산형 양자 시스템으로 활용하는 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대됨

○ 위성 연결을 통한 글로벌 양자 네트워크 구축 추진

- 향후 예일대학교에 구축된 시설과 스톤브룩을 연결해 “약 48km 거리의 롱아일랜드 사운드(Long Island Sound)”를 가로지르는 자유공간 양자 링크를 구축할 계획임
- 장기적으로는 지상 네트워크와 궤도 위성을 연결해 대기권을 통한 양자정보 전송을 구현하는 것을 목표로 하고 있음
- 위성을 활용하면 지상 통신 인프라가 부족한 농촌·원격지역까지 양자통신 서비스를 확장할 수 있어, 지역 단위 네트워크를 글로벌 규모의 양자 네트워크로 발전시키는 데 기여할 수 있을 것으로 전망됨

○ 의의 및 전망

- 이번 연구는 기존 광섬유 중심의 양자 네트워크에 자유공간 광통신 기술을 결합해 장거리 양자정보 전송의 새로운 경로를 제시했다는 점에서 의미가 있음
- 향후 자유공간 링크와 광섬유 네트워크, 위성 통신을 통합하고 양자컴퓨터·센서 등을 연결함으로써 분산형 양자컴퓨팅 및 양자인터넷 구현을 위한 핵심 기반기술로 발전할 가능성이 있음

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/08/23/wireless-capability-quantum-network/>