

얽힌 웹(The Entangled Web)

(2022.05.06., 양자정보연구지원센터)

□ 유럽 전역에 진정한 양자 네트워크 구축 노력

- 양자 역학은 해킹할 수 없는 통신의 가능성 제공
 - 멀리 있는 물체를 연결하거나 얽히게 하고, 그 사이의 정보를 순간이동(teleportation)시키는 능력 활용
- 양자 인터넷은 양자 컴퓨터를 함께 연결하는 것
 - 멀리 떨어진 천문대 사용하여 매우 선명한 망원경 구축, 중력과 감지하는 새로운 방법 수립 가능
 - 1997년 양자 순간이동 최초 실험(비엔나 대학, Anton Zeilinger)
 - 델프트 대학 연구팀, 네덜란드 4개 도시 연결하는 최초 진정한 양자 네트워크 구축 시작(2020년 완료 예정), 미국 ARPANET 양자 버전으로 오늘날 인터넷 기반 마련
- 양자 인터넷 연합(Quantum Internet Alliance) 유럽 프로젝트 조정
 - 컴퓨터 과학자, 엔지니어 및 네트워크 보안 전문가 모아 미래 양자 인터넷 설계 노력

□ 양자 키

- 양자 통신 모드 첫 번째 제안, 시스템의 특성을 변경하지 않고는 측정할 수 없음(1970년대, Stephen Wiesner)
 - 큐비트를 정확히 복사하거나 '복제'하는 것도 불가능, 양자 복제 금지(quantum no-cloning)
 - 흔적을 남기지 않고 양자 정보 추출할 수 없으므로 보안에 도움 됨
- 해독 불가능한 암호화 키 생성할 기발한 방법 고안(1984년, Charles Bennet과 Gilles Brassard)
 - 빛이 편광되어 전자기파가 수평 또는 수직 평면에서 진동

- 양자 키 분배(QKD)를 실험적으로 처음 시연(1989년, Bennett)
 - 오늘날 QKD 장치는 상업적 이용 가능, 금융 기관이나 정부 기관에 판매(예, ID Quantique는 스위스 양자 링크 구축)
 - 중국 허페이 Micius 위성, 양자 통신을 안전하게 만드는 거리 해결에 도움, 광자는 광섬유에 흡수되어 수십 킬로미터 후에 양자 전송 불가능
- 현재 장거리 QKD 링크 생성하려면 '신뢰할 수 있는 노드' 구축
 - 베이징-상하이 양자 통신 백본 생성 주도(Pan), 2,000km 이상의 광섬유 사용하여 4개 도시와 32개 신뢰할 수 있는 노드 연결

□ 양자 연결

- 진정한 양자 네트워크 구축
 - 취약한 신뢰할 수 있는 노드 없이도, 얽힘과 순간이동 활용하여 장거리에서 양자 정보 전송 가능
 - 양자 컴퓨터가 국가 간, 단일 방을 통해 서로 통신 가능
 - 하나의 컴퓨팅 시스템에 넣을 큐비트 수는 제한될 수 있으므로, 시스템을 네트워킹하는 것이 확장에 도움이 됨
- 양자 인터넷을 통해 액세스할 수 있는 고도로 정교한 양자 컴퓨팅 클라우드 구상
 - 얽힘을 사용하여 시계 동기화하면, GPS 같은 항법 네트워크 정밀도가 밀리미터로 향상 가능
- 큐비트로 인코딩된 정보를 순간이동과 같은 진정한 양자 네트워크 구축에 필요한 기본 사항 입증(지난 10년, Monroe 등)
 - 양자 정보가 기술적으로 네트워크 따라 이동하지 않는다는 양자 순간이동의 장점 활용, 이동하는 광자들은 양자 정보가 전송될 수 있도록 링크 설정(양자 정보가 손실되지 않음)

□ 링크와 반복

- 양자 인터넷은 두 사용자 간 필요에 따라 얽힘 생성(광섬유 네트

워크와 위성 링크 포함)

- 멀리 있는 사용자 연결하려면, 중간 지점에 얽힘 확장 기술 필요
- 양자 중계기 작동 방법 제안 (2001, Lukin), 네트워크 경로 따라 '얽힘 교환' 프로세스를 반복 적용하여 두 사용자 간 얽힘 발생
- 다이아몬드 결정의 단일 원자 불순물로 만들어진 1.3km 떨어진 두 큐비트 연결 실험(2015년, Hanson)
- 9일 동안 245큐비트 쌍만 얽힌 시스템의 속도 개선
- 2020년까지 4개 네덜란드 도시 연결, 각 사이트 스테이션이 양자 중계기 역할, 세계 최초 진정한 양자 순간이동 네트워크 가능

□ 양자 인터넷 생성(Monroe)

- 완전한 양자 네트워크가 두 사용자 간 얽힌 링크 설정
 - 양자 정보는 네트워크를 통해 전송하지 않고 정보 전송하면서 한 곳에서 다른 곳으로 순간 이동
- 얽힘 설정
 - 얽힌 양자 비트(큐비트)는 양자 통신 채널을 효과적으로 형성
- 장거리 링크
 - 두 사용자가 서로 멀리 떨어져 있거나 직접 연결되어 있지 않은 경우, 얽힘 설정하려면 하나 이상의 양자 중계기(repeater)가 필요
- 정보 순간이동

(원문)