

양자 기술을 빛나게 하는 포토닉스, 트렌드, 도전과 기회

(2024.02.01., 양자정보연구지원센터)

□ 양자 컴퓨팅, 양자 통신 및 네트워킹, 양자 감지 분야에서 포토닉스 영역 활성화

○ 양자 계산 및 시뮬레이션에서 포토닉스(Photonics)의 역할

- 포토닉스가 양자 계산 및 시뮬레이션 분야에서 핵심 도구로 사용되며, 큐비트 모달리티(modality)에서 광자의 활용으로 양자 컴퓨팅의 핵심 역할을 함
- 게이트 작업 적용, 원자 배열 제한 및 광자의 특성을 활용하여 큐비트를 생성하는 등 다양한 능력을 갖추고 있으며, 포토닉 양자 컴퓨팅의 비전은 광원부터 광학 장비, 칩 상의 광자 검출기까지 전체 광학 테이블을 포함함
- 확장(Scaling)과 충실도(fidelity)는 이온 포획, 중성 원자 및 포토닉 큐비트와 같은 큐비트 모달리티에서 포토닉 구성 요소 개발의 주요 동력이며, 이온 포획의 현재 인프라 확장을 위해 포토닉 통합 회로(PICs) 같은 구성 요소의 개발이 필요함

○ 양자 통신 및 네트워킹에서 포토닉스의 역할

- 광자는 고전적 광 통신 네트워크에서 정보를 장거리로 전송하는 캐리어임, 양자 통신 및 양자 네트워킹에서 큐비트가 장거리로 여행할 수 있으며 도착 여부를 사용자에게 알릴 수 있음
- 광자를 활용한 양자 난수 생성기(QRNG)는 빛과 감지기를 활용하여 실현할 수 있음
- 양자 키 분배(QKD) 및 양자 네트워크 하드웨어도 광자를 활용, 광원과 광섬유에서 광자를 방출하기 위한 펌프 레이저 같은 광학 구성 요소, 광섬유의 수신 끝에서 이를 감지하기 위한 단일 광자 감지기부터 포토다이오드까지 포토닉스에 의존
- 지상 양자 네트워크는 광섬유 손실과 양자 중계기 부재로 거리 제

한 있음, 우주와 위성 네트워크는 개방 및 회절 손실 제한 있음

- 양자 통신을 위한 포토닉스 구성 요소 개발의 주요 동력은 광자를 장거리로 유지하는 것임
- 양자 계측 및 감지에서 포토닉스의 역할
 - 양자 계측 및 감지 분야는 전기, 자기 및 중력 필드에 대한 정확한 환경 탐사에 중점을 둠
 - 양자 센서가 측정하는 정보는 형광을 통해 전달될 수 있음, 질소 결함(NV) 기반 자석계측기의 경우, 다른 형광 강도는 존재하는 자기장의 강도와 관련 있음
 - 양자 감지기의 포토닉스 구성 요소 개발의 주요 동력은 현장 배치 가능한 응용 프로그램에 대한 크기, 무게, 전력 및 비용(SWaP-C)임
- 포토닉스를 위한 시장 기회
 - 양자 시스템 시장은 현재 높지 않지만, 포토닉스 구성 요소 시장은 높고 유망함
 - 양자 시스템 자재 구성 중 절반 이상은 레이저에 소요, 나머지는 감지기, 변조기 및 기타 구성 요소에 분산됨
 - 2025년 이후로 OEM이 제조한 양자 제품용 포토닉스 구성 요소가 연구에 사용되는 포토닉스 구성 요소보다 크게 될 것으로 예측됨
- 양자 기술에서 포토닉스의 과제
 - 양자 키 분배 및 일부 형태의 포토닉 양자 컴퓨팅과 같은 응용 프로그램에 원하는 기능을 모두 갖춘 단일 광자 소스를 구성하는 것임
 - PICs는 여전히 모든 광학 구성 요소, 레이저 및 감지기를 칩에 가져 오는 것과 PIC 생산 라인의 비용 같은 몇 가지 도전 과제가 있음
 - 포토닉스 구성 요소의 지속적인 발전은 양자 시스템을 실현하고 양자 2.0 시대를 위해 구축하는 데 중요한 역할을 할 것임

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2024/01/25/tqi-exclusive-photonics-illuminating-quantum-technology-trends-challenges-and-opportunities/>