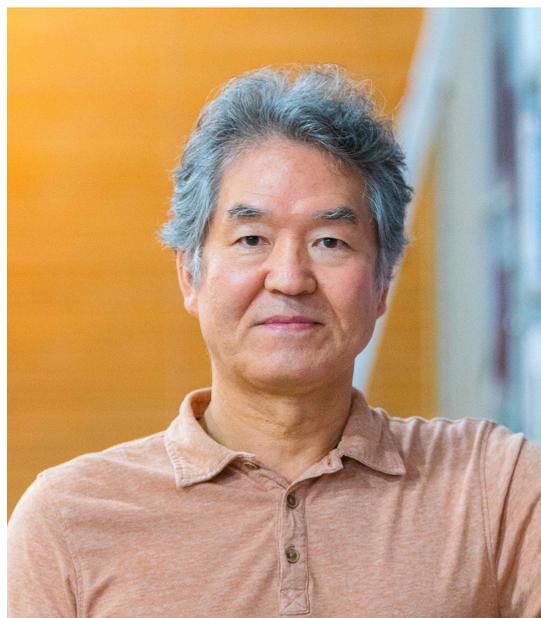


GIST, '초해상 양자센싱' 범용 이론 확립

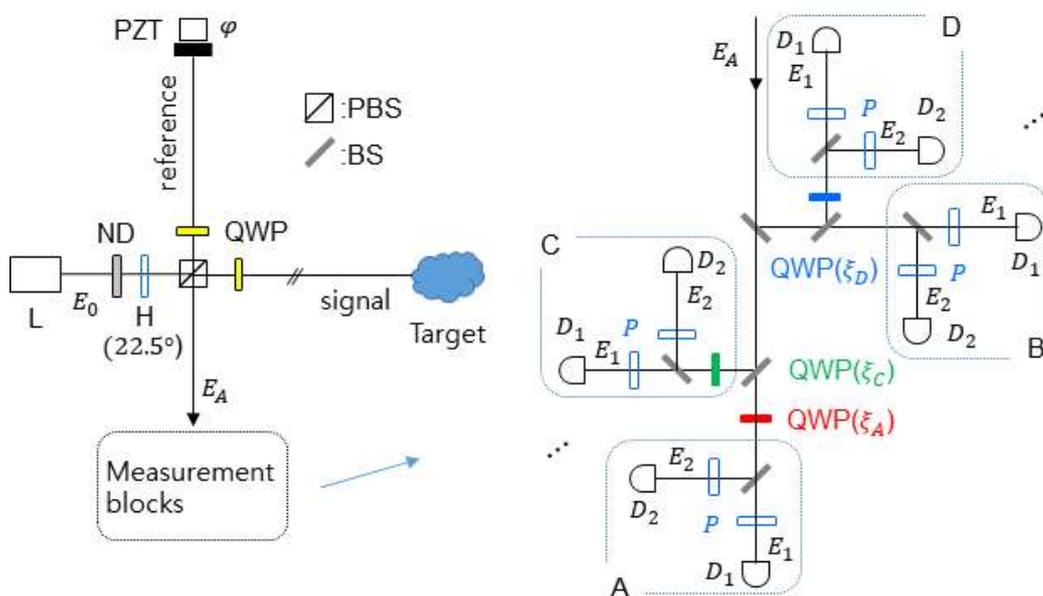
기존 양자센싱 한계 극복... 해상도 무한대 확장

- 양자메모리 분야 석학 함병승 교수, '위상조절 양자지우개'에 기초한 확장적이고 거시적 '초해상 양자센싱' 범용 이론 확립... 고전 기술과도 호환돼
- '양자얽힘'의 신비에 대한 과학적 이해의 단초 마련... 초해상 양자센서 개발로 이어지는 양자정보기술 발전 기대, 국제학술지 「Scientific Reports」 게재



▲ 전기전자컴퓨터공학부 함병승 교수

광주과학기술원(GIST, 임기철 총장)은 양자메모리 분야의 석학 전기전자컴퓨터공학부 함병승 교수가 기존 양자센싱(Quantum Sensing)의 단점인 해상도의 한계를 극복하고 고전 센서와도 호환 가능한 새로운 개념의 확장성을 가진 거시적 '초해상 양자센서' 범용 이론을 확립했다고 밝혔다.



▲ 초해상 양자센싱 구조. 통상의 마하젠더 간섭계에 선형광학기를 추가 적용해 출력단에서 N개의 위상조절 양자지우개를 만들고 이들 사이의 N차 세기측정 수행.

양자정보는 비고전광(nonclassical light, 입자이론)에 기초하므로 기존 정보처리 기기와 호환될 수 없는 한계를 갖는 반면, 이번 연구의 초해상 양자센싱 이론은 양자역학의 입자-파동 이중성에서 파동적 성질에 기초하므로 기존의 모든 간섭계 기반 센서와 호환이 가능하다.

또한 해상도 향상이 양자정보기술 발전의 주요 관건인 가운데, 기존 양자센싱의 해상도는 기껏해야 $N=20$ 미만이었으나 이번 연구를 통해 이를 사실상 무한대로 확장하는 데 성공했다.

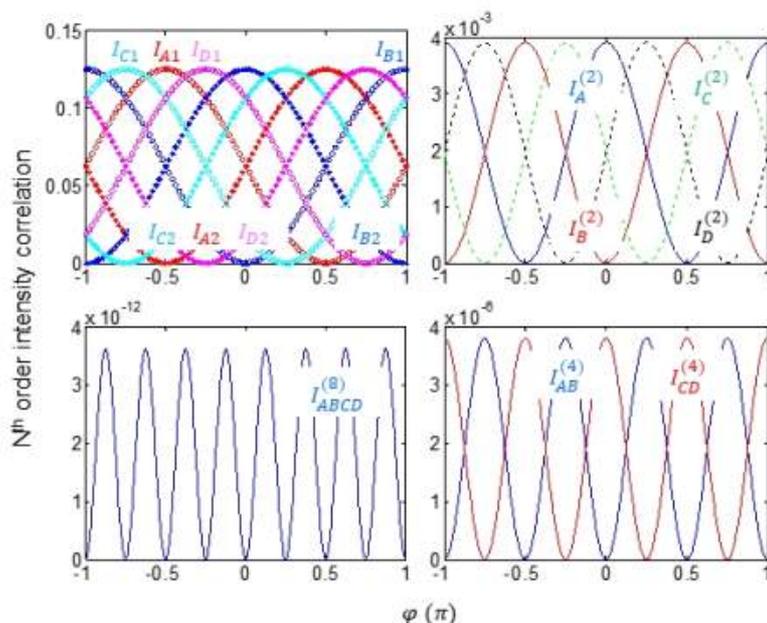
‘초해상 양자센싱’은 회절광학(Diffractive Optics)의 한계를 극복한 ‘초해상’*에 관한 것으로, 기존 간섭계 기반의 센서를 대체할 유일한 양자기술이다.

분광기, 파장측정기, 천체/바이오/의료 이미징, 레이다, 라이다 등 거의 모든 간섭계 기반 센서에 적용된다.

* 초해상: 양자결맞음 쌍을 광원으로 하는 간섭계에서 나타나는 대표적 양자센싱으로, 간섭계 입력광원 주파수의 N 배 효과를 나타내어 N 배 해상도와 N 배 해상도를 동시에 만족한다.

기존 간섭계 광학센서와 같이 레이저를 사용한 ‘초해상 양자센싱’은 비고전광에 기초한 양자센싱과는 완전히 다른 시각에서 접근한 것으로, 양자역학의 입자-파동 이중성 중 파동성, 즉 결맞음광학에 기초하며 따라서 기존 광학센서와는 호환 가능하나, 양자센싱의 ‘입자성’과는 양립 불가하다.

이번 논문 말미에서는 물리학적 이해를 돕고자 입자성의 에너지 양자화에 대응하는 ‘위상양자화’를 도입했으며, 초해상을 세기곱에 따라 양자화된 위상기저를 통해 쉽게 설명하였다.



▲ 초해상 양자센싱 시뮬레이션. 통상의 마하젠더 간섭계에서 초해상 센싱 시뮬레이션 결과: 왼쪽 위부터 시계방향으로 1차, 2차, 4차, 8차 초해상.

함병승 교수는 최근 발표한 '양자지우개'^{*}에 대해 선형광학(Linear Optics)을 이용한 위상조절변환의 일반해를 구해 '초해상 양자센싱'에서 N 을 현재 양자센서가 도달 불가능한 사실상 무한대($N \gg 100$) 수준으로 일반화하는 데 성공했다.

* **양자지우개** 양자역학에서 머릿속 생각으로 진행하는 사고실험(Thought experiments) 중 하나로, 양자가 지닌 '파동-입자 이중성'과 불확정성 원리에 대한 특성을 보여주며 양자의 특성을 측정하거나 감시하는 행위가 양자의 행동에 어떤 영향을 미치는지를 밝히는 데 사용된다.

함병승 교수는 "양자역학의 토대가 되는 측정에 대한 이해를 명확히 해야만 비로소 양자얽힘의 신비함을 과학적으로 이해할 수 있다"며, "이번 연구 성과는 궁극적으로 현재 통용되는 고전 기술과 양립할 수 있는 양자정보기술의 토대가 될 수 있을 것으로 기대한다"고 말했다.

이번 연구는 과학기술정보통신부 ITRC 양자인터넷 사업과 GIST 연구개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 국제학술지 '사이언티픽 리포트(Scientific Reports)'에 2024년 5월 21일 온라인 게재됐다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Scientific Reports (IF: 4.996, 2023년 기준)
- 논문명 : Coherently excited superresolution using intensity product of phase-controlled quantum erasers via polarization-basis projection measurements
- 저자 정보 : 함병승(단독저자)