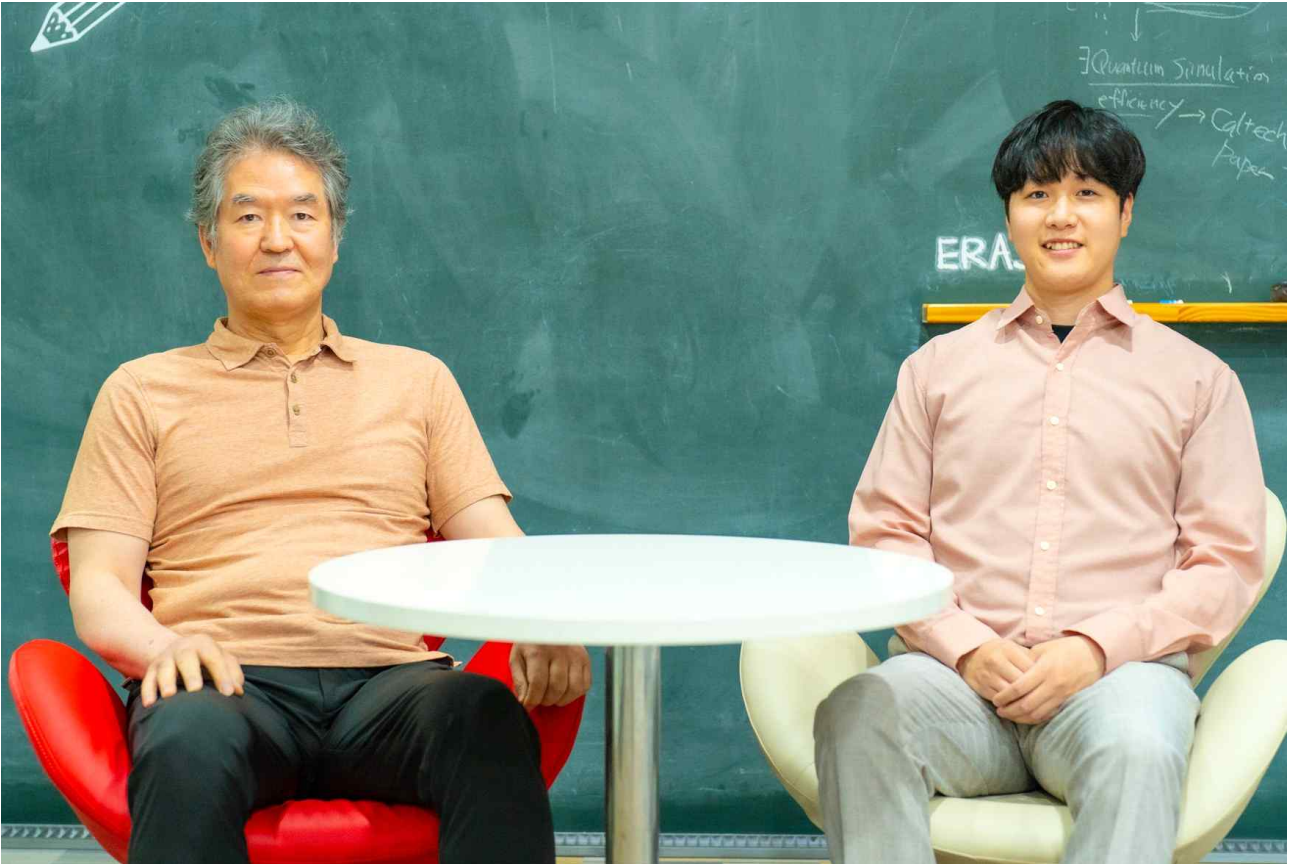


지스트, '양자지우개' 새로운 해석 제시

- 함병승 교수팀, 양자지우개는 선택적 관측에 의한 '조작된 현상' 해석 내놔
- 미래 양자정보통신 발전 기대... 국제학술지 「Scientific Reports」 게재



▲ (왼쪽부터) 전기전자컴퓨터공학부 함병승 교수, 김상배 박사과정생

양자메모리 분야의 석학으로 널리 알려진 지스트(광주과학기술원) 전기전자컴퓨터공학부 함병승 교수가 양자역학의 핵심 현상 중 하나인 '양자지우개'에 대해 새로운 해석을 제시했다.

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

* 파동-입자 이중성: 양자는 입자로서 특정한 위치와 운동량을 가질 수 있지만, 파동으로서의 특성을 나타낼 수도 있는데 이 두 특성은 서로 배타적으로 나타난다.

** 불확정성 원리: 두 물리량(위치와 운동량)을 정확히 동시에 측정하는 것은 불가능하다는 것으로, 양자의 특성을 동시에 정확하게 알 수 없음을 의미한다.

광학 장치로 양자의 경로를 관찰하면 양자는 '입자'로서의 특성을 나타내지만 다른 광학 장치로 양자의 경로 정보를 삭제하고 파동 특성을 관찰하면 '파동'으로서의 특

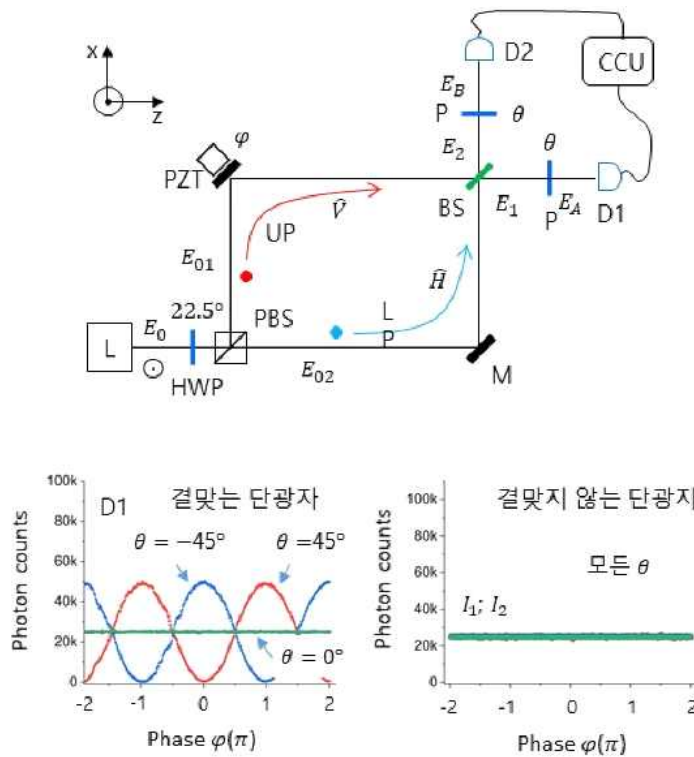
성을 나타낸다. 양자의 행동을 관찰하는 것 자체가 양자의 특성을 바꾸게 되는 것으로, 결과가 원인에 영향을 주는 '소급 관측*'에 의해 인과관계가 뒤집히게 된다.

* **소급관측:** 과거에 일어난 양자의 상태를 바꾸는 측정을 현재 시점에서 수행하는 것. 측정 결과가 과거에 소급하여 영향을 주는 것으로, 결과가 원인에 영향을 주게 된다.

이처럼 입자와 파동에 관한 양자의 상보성*이 사건 발생 후 지연선택**에 의해 결정될 수 있다는 주장은 양자역학의 핵심 논쟁 중 하나다.

* **상보성(Complementarity):** 양자역학에서 입자의 성질과 파동의 성질이 서로 보완적이고 배타적인 관계에 있다는 원리.

** **지연선택:** 양자역학 간섭계 실험에서 사건 발생 후 측정(통상 간섭계 길이)시간이 빛의 속도로 도달할 수 있는 시간보다 큰 시간을 갖는 방식으로 인과론이 만족되지 않는 범주에 있음.



▲ 양자지우개

연구팀은 간단한 간섭계* 실험을 통해 '양자지우개'에서 소급관측은 관측 가능한 사건 중 절반만을 선택적으로 측정했기 때문에 나타나는 일종의 '조작된 현상'이라고 해석하는 새로운 시각을 제시했다.

* **간섭계:** 빛이나 다른 파동의 간섭 현상을 이용해 빛의 성질이나 시스템의 특성을 측정하는 실험 장치. 일반적으로 두 개 이상의 광선을 결합하고 서로 상호작용시켜 간섭 현상을 생성한다.

특히 연구팀은 양자역학의 상보성에 대한 논란에서 각각의 사건이 인과론을 만족 시킴에도 불구하고 양자 측정 방법에 의해 선택된 사건만이 특정돼 마치 인과론이 위배되는 것처럼 착각하게 된다는 사실을 밝힌 것이 본 연구의 핵심이라고 말했다.

무엇보다 '양자지우개'가 성공하기 위해서는 간섭계가 개별 광자(입자적 특성)의 결맞음*(파동적 특성)을 만족해야 함을 실험적으로 증명함으로써 개별 입자의 위상관

계**가 필수적 요건임을 규명했다.

* **결맞음:** 파동이 간섭 현상을 보이게 하는 성질. 두 개 이상의 파동이 합해질 때 두 파동의 위상에 따라 상쇄 또는 보강 간섭이 일어나는데, 결맞음이 잘 될수록 간섭이 잘 된다.

** **개별 입자의 위상관계:** 입자의 파동함수로 파동적인 특성을 나타낸 것으로 양자지우개 실험에서는 이를 조정해 입자의 파동적 성질과 입자적 성질의 결합을 이해한다.

함병승 교수는 “양자역학의 토대가 되는 상보성에 대한 이해를 명확히 해야만 비로소 양자얽힘의 신비함을 과학적으로 이해할 수 있다”며, “궁극적으로 현재 통용되는 광소자·광통신 기술과 양립하는 **미래 양자정보통신의 기술적 토대가 될 것으로 기대한다**”고 말했다.

함 교수가 지도하고 김상배 박사과정생이 수행한 이번 연구는 과학기술정보통신부 ITRC 양자인터넷 사업과 지스트연구개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, **국제학술지 「사이언티픽 리포트(Scientific Reports)」에 6월 16일 온라인으로 게재됐다.**

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자 정보

- 저널명 : Scientific Reports (IF: 4.996, 2021년 기준)
- 논문명 : Observations of the delayed-choice quantum eraser using coherent photons
- 저자 정보 : 김상배(제1저자), 함병승(교신저자)