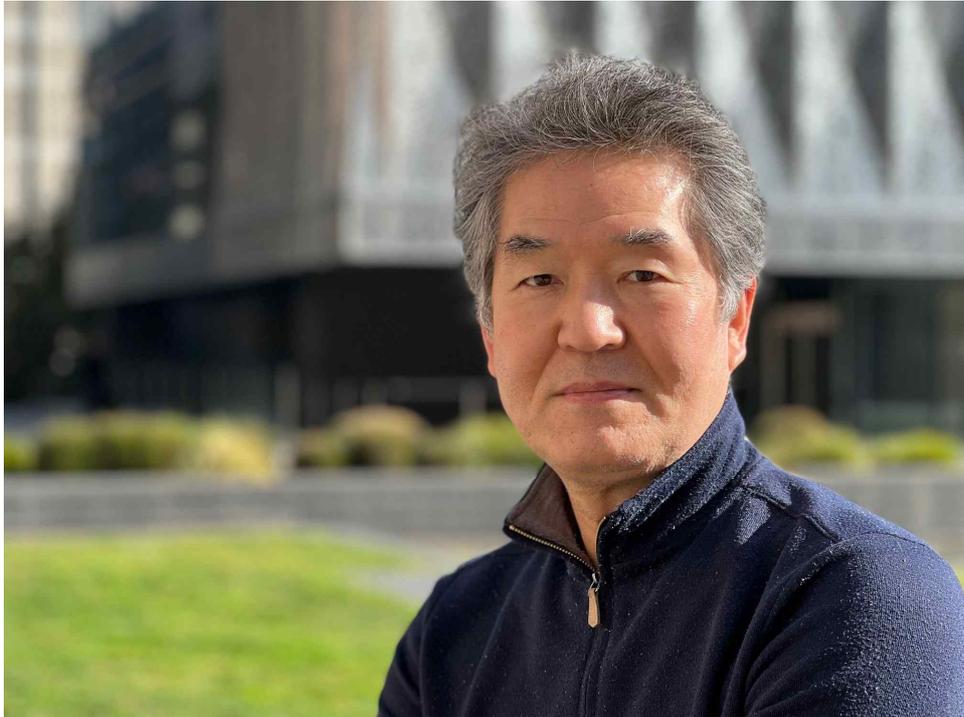


# 양자역학 핵심원리에 대한 새로운 해석

- 양자컴퓨터의 '양자얽힘'을 양자역학의 상보론적 파동성으로 재해석
- AVS Quantum Science 게재.. 미래 양자정보통신 기술 구현의 토대 마련 기대



▲ 함병승 전기전자컴퓨터공학부 교수(광양자정보처리센터장)

양자메모리 분야 석학인 지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 함병승 교수(전기전자컴퓨터공학부, 광양자정보처리센터장)가 양자역학의 핵심원리 중 하나인 양자얽힘 쌍\*에 있어 비국소적 양자상관성\*\*의 기원에 대해 새로운 해석을 제시해 국제저널에 논문을 게재했다.

\* **양자얽힘 쌍:** 양자컴퓨팅·양자암호통신·양자센싱 등 양자역학 분야의 핵심자원으로 2개 이상의 큐비트(광자, 원자, 초전도, 이온, 등)으로 얽힌 쌍

\*\* **비국소적 양자상관성:** 국소적 물리법칙을 위배하는 비상대론적 거리에서도 양자적 상관성이 유지된다는 양자역학 핵심원리로, 흔히 EPR 패러독스라고 함

비국소적 양자상관성은 지난 반세기에 걸쳐 실험적으로 완벽히 입증되었으나, 단일 광자쌍 생성원리 자체가 베일에 가려져 있었으므로 그에 기초한 양자상관성 또한 온전히 이해될 수 없다는 게 기존 양자학계의 한계였다.

함 교수는 양자역학 분야에서 기존의 상보론적 입자성\*으로는 위상정보가 확정될 수 없어 직관적으로 이해하기 어려운 양자얽힘 현상에 대해 위상정보를 갖는 파동적 해석으로 얽힘 광자쌍\*\*을 쉽게 이해함은 물론 물질적으로 구현할 수 있는 학문적 토대를 마련했다.

\* **상보론적 입자성:** 양자역학에서 빛·원자·전자 등의 미시입자를 해석할 때 전자의 위치가 시간에 따라 확정으로 정해지는 것이 아니라 확률적 파동함수에 의해 분포된다는 해석

**\*\* 얽힘 광자쌍:** 두 개의 입자가 결합되는 파동함수 곱에 있어, 그 곱이 원래 상태로 분리될 수 없는 양자적 상관관계를 갖는 쌍

기존의 양자정보 연구에서 핵심원리가 되는 얽힘쌍을 이해하는 데 베일에 가려져 있었던 양자적 신비함을 이제는 고전정보에서처럼 확정적으로 이해가 필요한 상황이다.

양자얽힘 쌍에 대한 현재의 양자역학적 해석에 따르면, 원하는 시간에 확정적으로 얽힘큐빗\* 쌍을 만들 수 없음은 물론, 양자정보에서 물질적 정보단위가 되는 큐빗\*\* 확장성에 있어 심각한 제약이 있어왔다. 즉, 고전정보에서처럼 단 한 번 수행으로 정보처리가 가능해지려면 원초적이며 확률적인 양자정보 기반을 확정적 기반으로 바꿔야 한다.

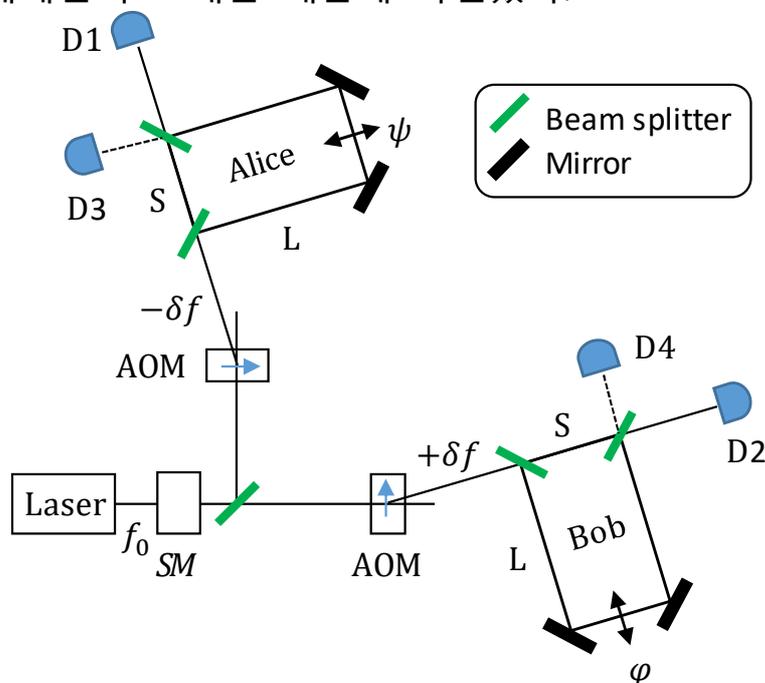
\* **얽힘큐빗:** 양자컴퓨터의 주요 특성 중 하나는 바로 양자얽힘(Quantum Entanglement) 현상이다. 양자얽힘은 두 개 이상의 큐빗이 마치 하나처럼 상관(correlation)되어 있는 현상을 말하는데, 이를 통해 원격전송, 양자통신, 양자컴퓨팅, 혹은 양자센싱이 가능하다.

\*\* **큐빗:** 고전컴퓨팅에서 비트에 해당하는 양자정보 단위인데, 양자(퀀텀)비트를 줄여 큐빗(Qubit)이라 한다. 큐빗은 하나가 0 또는 1로만 표현하는 비트와 달리 0과 1이 중첩된 상태이기에, 0과 1을 포함하는 무한가지 경우를 표현할 수 있다.

또한 상보론적 입자성에 기초한 기존 이론에 의하면 큐빗 간 위상 통제가 사실상 불가능하므로 다수 큐빗 사이에서 필연적인 결맞음 유실가속\*에 속수무책이었다.

\* **결맞음 유실가속:** 개별 큐빗에 있어 결맞음은 주위환경과의 필연적 상호작용으로 시간이 지남에 따라 서서히 사라지는데, 2개 이상의 큐빗이 결합된 얽힘큐빗에 있어서는 이 결맞음 유실이 큐빗 수에 따라 기하급수적으로 가속되는 자연계 본질적 현상

함 교수는 기존 양자학계의 주류적 해석과 달리 양자기저 쌍을 파동적으로 해석하여 일반 레이저를 이용해 양자얽힘을 확정적으로 구현할 수 있는 원리를 규명하고, 그 구체적 구현 방법으로서 고전적 결맞음에 기초한 '프란스 비국소 양자상관성'을 제시해 거시양자 세계관의 토대를 새롭게 마련했다.



함병승 교수는 "빛의 파동적 해석에 기초하여 베일에 가려져있던 단일광자쌍 생성에 대한 이해를 명확히 했고, 이에 기초해 얽힘 광자쌍의 비국소적 양자상관성의 기원을 밝혔다"면서 "이번 연구 결과가 비국소적 양자상관성에 대한 이해를 명확히 하고 궁극적으로 현재 통용되는 광소자 및 광통신 기술과 호환되는 미래 양자정보통신 기술의 토대가 될 것으로 기대한다"고 설명했다.

이번 연구는 과학기술정보통신부 ITRC 양자인터넷 사업의 지원을 받아 수행되었으며, AVS Quantum Science 온라인판에 게재(2022년 4월 1일자)됐다.

## 논문 및 저자 정보

- 1) 논문명: The origin of Franson-type nonlocal correlation
- 2) 저널명: AVS Quantum Science (Impact Factor 9.86)
- 3) 저자 정보: 함병승 (Ham, Byoung S.)