

근미래 양자기술, 외계행성 탐지 성능 향상 가능성 확인

(2026.02.25., 양자정보연구지원센터)

□ 연구 결과, 근미래 양자기술이 외계행성 탐지 정밀도 향상 가능성 제시

○ 개요

- 근미래 소형 양자컴퓨터를 활용해 외계행성(exoplanet) 탐지 성능을 획기적으로 향상시킬 수 있다는 연구 결과가 발표됨(PRX Quantum)
- 기존처럼 사후 데이터 분석이 아니라, 빛을 검출하기 전 단계에서 양자 정보처리를 수행하는 새로운 접근 제안
- 동일 신호대잡음비(SNR) 달성에 필요한 광자 수를 기존 대비 수천~수만 배(3~4자리수)까지 줄일 수 있다고 분석

○ 연구 배경 및 문제 인식

- 외계행성 탐지의 핵심 난제는 모항성(host star)의 강한 빛 속에서 극도로 미약한 행성 신호를 분리하는 것
- 코로나그래프(coronagraph), 스타셰이드(starshade) 등으로 항성 빛을 억제하더라도 장시간 관측 및 고전적 후처리에 의존
- 광자를 개별적으로 검출하는 과정에서 발생하는 샷 노이즈(shot noise)가 근본적 한계로 작용
- 특히 협대역 스펙트럼(산소·메탄·수증기 흡수선 등) 관측 시 광자 수 부족 문제가 심각

○ 제안 기술의 핵심 개념

- “검출 후 계산” 이 아닌 “검출 전 양자처리(Quantum Processing Before Detection)” 로 패러다임 전환
- 기존 방식: 망원경 → 픽셀 검출 → 고전 컴퓨터로 영상 복원(토모그래피)

- 제안 방식: 유입 광자를 곧바로 큐비트에 매핑해 양자 상태로 저장 후, 측정 이전에 양자 알고리즘으로 처리

○ 구체적 원리

- 각 광자의 진폭(amplitude) 정보를 다수 큐비트에 분산 저장
- 항성과 행성에 대응하는 모드(mode)로 빛을 정렬·분리하는 양자 연산 수행
- 전체 이미지를 복원하지 않고도 행성 특성만 직접 추정 가능
- 토모그래피 과정을 생략함으로써 픽셀 수 증가에 따른 오차 누적 문제 완화

○ 기대효과

- (광자 요구량 대폭 감소) 현실적 조건에서 기존 토모그래피 방식 대비 3~4자리수 수준의 광자 수 절감 가능
- 주(weeks) 단위 관측을 수시간(hours) 수준으로 단축 가능성 제시
- (관측 효율 및 설계 유연성 향상) 망원경 장시간 고정 관측 부담 완화 → 더 많은 천체 관측 가능
- 우주망원경의 기계적·열적 안정성 요구 완화 → 임무 비용 절감 또는 신규 설계 가능성
- 저광량·협대역 분광 관측에서 특히 유리

○ 대규모 오류보정 양자컴퓨터는 필요하지 않음

- 10×10 픽셀 해상도 기준 약 36개 메모리 큐비트와 수백 개 2큐비트 게이트면 충분하다고 추산
- 비교적 소규모·근미래 수준의 하드웨어로도 구현 가능성 제시

○ 제안된 하이브리드 구조

- 다이아몬드 고체결함 기반 양자 픽셀로 광자-큐비트 변환
- 중성원자 배열 등 별도 양자 프로세서에서 후속 연산 수행

- 관련 구성요소는 이미 실험실 수준에서 개별 시연 사례 존재
- 한계 및 과제
 - 광결합 손실, 게이트 오류, 환경 잡음 등 공학적 통합 난제 존재
 - 항성과 행성의 상대 밝기 등 사전 파라미터 추정 필요
 - 현재는 이론 연구 단계이며, 다중 행성·복잡 배경으로 확장 시 추가 연구 필요
- 의의 및 전망
 - 양자컴퓨터를 독립적 계산 장치가 아니라 과학 장비의 일부 구성 요소로 활용하는 새로운 응용 패러다임 제시
 - 계산 속도보다 “측정 효율” 개선에 초점
 - 대규모 오류보정 이전 단계에서도 양자 우위(quantum advantage) 가능성 제시
 - 단기적으로는 약한 광신호를 이용한 소규모 검증 실험을 통해 신호대잡음비 개선 효과를 실증 가능
 - 성공 시 기존 망원경 기술을 대체하기보다 보완·확장하는 형태로 적용 전망
 - 장기적으로는 태양계 밖 미약한 외계행성 탐지에서 중요한 보조 기술로 자리매김 가능성

(원문)

1. <https://thequantuminsider.com/2026/01/28/study-finds-near-term-quantum-tech-could-sharpen-exoplanet-detection/>