

보고 싶은 곳을 '더 선명하게'! 갑오징어 눈 닮은 고대비·고해상도 카메라 개발

- 갑오징어의 W자형 동공과 망막 구조 모사로 불리한 시각적 환경 극복
- 자율주행차, 로봇, 드론 등 카메라로 활용 기대... **Science Robotics** 게재

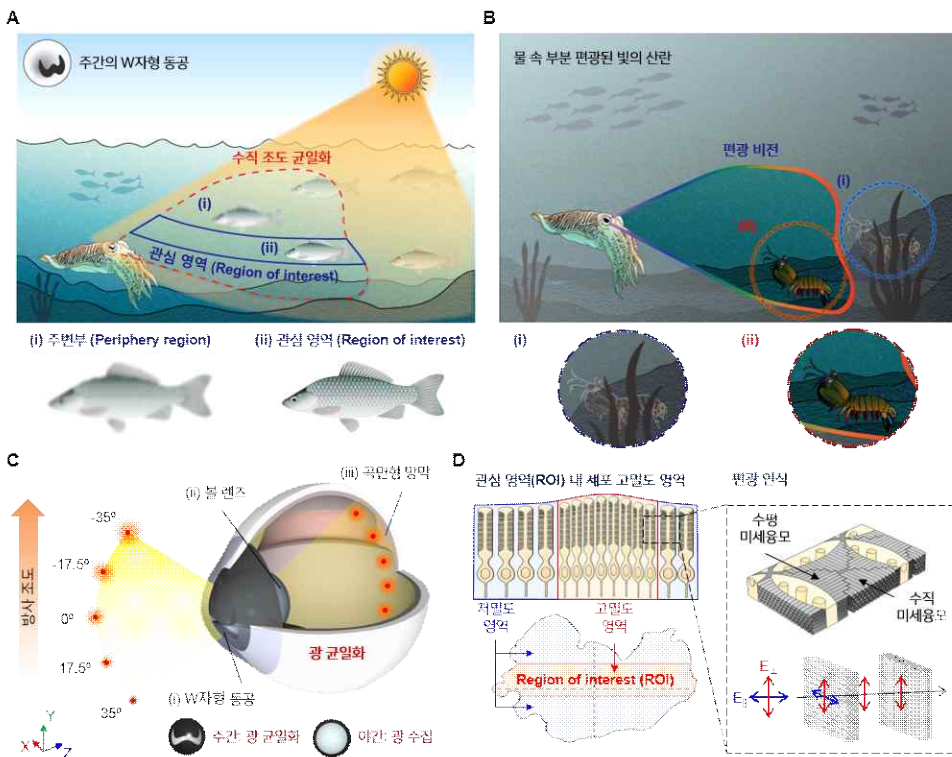


▲ 연구자 사진_(상단 좌측부터 시계 반대방향으로) 지스트 송영민 교수, 서울대 김대형 교수, 부산대 이길주 교수, 서울대 김민수 연구원, 지스트 장세희 연구원, 노스웨스턴대 김민성 박사 지스트(광주과학기술원, 총장 김기선) 등 국내 공동연구진이 바닷속의 불리한 환경에서도 먹잇감을 잡는 **갑오징어의 눈을 모방해 불규칙한 빛 조건에서도 고대비·고해상도 영상을 얻을 수 있는 카메라**를 개발했다.

갑오징어는 위쪽 빛은 차단하고 아래쪽 빛은 많이 받아들이기 위해 **동공이 W자 모양이 되어 빛 조건을 조절**하며, 망막에는 아래쪽 빛이 들어오는 영역에 광(光)수용체들이 밀집되어 있어 **먹잇감이 지나다니는 아래쪽으로 고해상도의 시력을 구현**한다.

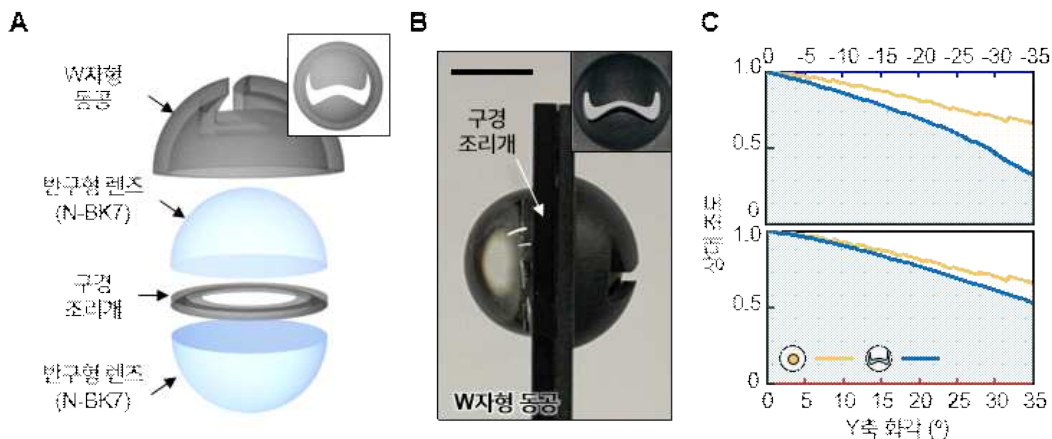
연구진은 갑오징어의 동공을 모사해 **구형 렌즈 앞의 조리개를 갑오징어의 동공 모양과 같이 W자형으로 만들어 위쪽에서 강하게 들어오는 빛을 효과적으로 감소**시켰고 광다이오드가 과노출되지 않게 했다.

또한 갑오징어의 망막처럼 관심 영역이 영상으로 맺히는 영역에 **광다이오드 픽셀을 밀집시켜 효율적으로 고해상도 영상**을 얻게 했다. 관심 영역만 고해상도로 보게 되면 전력 사용을 줄이고 영상 처리 속도를 높일 수 있게 된다.



▲ 수중에서의 갑오징어의 시각적 특성 및 눈 구조: (A) 갑오징어는 주간의 W자형 동공을 통해 불균일한 수직 조도를 균일화하며, 관심 영역에 고해상력 시야를 형성한다. (B) 갑오징어는 부분 편광되어 산란된 빛을 제거하고, 먹이생물의 몸에서 반사되는 편광된 빛을 인식하여 고대비 시야를 형성한다. (C) 갑오징어의 눈 구조에 대한 일러스트 (D) 갑오징어의 관심 영역이 결상되는 망막의 세포 고밀도 영역 및 미세용모 정렬 구조를 통한 편광 인식에 대한 일러스트

기존 카메라 시스템은 불규칙한 빛 조건에서 영상을 얻은 후에 소프트웨어로 개선하는 후처리 방식이었던 것과 달리, 이 시스템은 하드웨어 자체에서 빛 조건을 조절하여 질 높은 영상을 수집할 수 있어 효율적인 영상 처리가 가능하다.

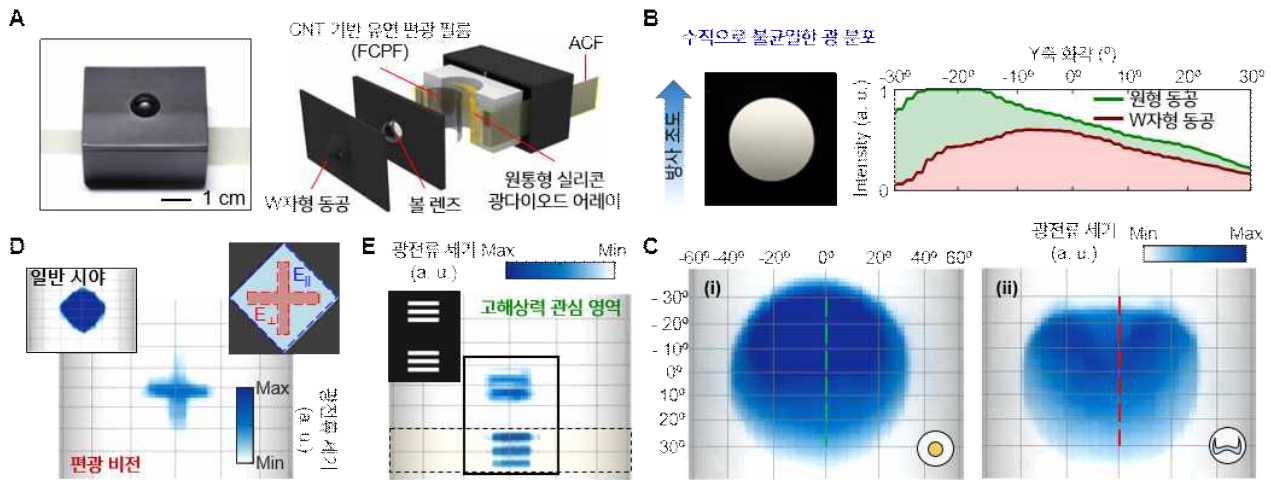


▲ 갑오징어 눈을 모사한 광학계: (A) 갑오징어 눈을 모사한 광학계 일러스트 (B) 제작된 갑오징어 눈 모사 광학계와 W자형 동공 사진 (C) 동공의 모양에 따른 광학계의 수직 상대 조도 비교

특히 원통형의 광다이오드 어레이에 유연하게 밀착되는 탄소나노튜브 기반 유연 편광 필름을 제작하여 편광* 방향에 따라 빛이 흡수·투과되게 하고 명암 대비를 높인 더욱 선명한 영상을 획득할 수 있게 했다.

* 편광 현상: 태양광은 원래 사방으로 진동하지만 특정 표면에 부딪혔을 때 전기장이 특정 방향으로만 진동하는 현상을 말한다.

이번 연구는 불균일한 조도 환경 및 효율적인 고대비 영상 처리 기술을 제안하여 시각적으로 변화하는 환경에서 사용해야 하는 자율주행차, 이동형 로봇, 드론 등에서 고품질 영상을 얻기 위한 카메라 시스템으로 활용할 수 있다. 자율주행차에 장착할 경우 대낮에 햇볕이 불규칙하게 내리쬐는 상황에서 주행하더라도 전방을 잘 볼 수 있게 된다.



▲ **갑오징어 눈 모방 카메라 구조 및 영상 처리 결과:** (A) 갑오징어 눈 모방 카메라 사진과 분해도 일러스트 (B-C) 제작된 갑오징어 눈 모방 카메라의 불균일한 입사광의 수직 조도 개선 평가 그래프 및 영상 결과 (D) 제작된 갑오징어 눈 모방 카메라의 편광 인식 영상 처리 결과 (E) 제작된 갑오징어 눈 모방 카메라의 고해상력 관심 영역 영상 처리 결과

이번 연구 결과를 활용하여 큰 면적을 가지는 원형 동공으로 변경이 가능한 가변 동공을 제작할 경우, 주간뿐만 아니라 광량이 적은 야간에도 활용이 가능한 고품질 카메라 시스템을 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

송 교수는 “이번 연구는 갑오징어가 가진 독특한 W자형 동공과 망막 구조를 모사하여 고대비·고해상도 카메라 시스템을 개발한 첫 사례”라며 “복잡한 소프트웨어 처리없이 하드웨어에서 자체적으로 불리한 시각 환경을 개선한 영상을 습득하는 것이 특징”이라고 설명했다.

송 교수는 곤충 눈 모사를 시작으로 물고기 눈을 모사한 광각 카메라, 농게의 눈 구조를 모사한 전방위 수륙양용 카메라를 발표하는 등 자연에서 착안한 시각 구조에 대한 연구를 지속하고 있다.

과학기술정보통신부와 한국연구재단이 추진하는 미래소재디스커버리사업의 지원을 받아 지스트 전기전자컴퓨터공학부 송영민 교수와 서울대 화학생물공학부 김대형 교수, 부산대 전자공학과 이길주 교수가 지도하고 지스트 장세희 연구원, 미국 노스웨스턴대 김민성 박사, 서울대 김민수 연구원이 공동 수행한 이번 연구 결과는 세계적인 학술지 「사이언스 로보틱스(Science Robotics)」에 2023년 2월 15일 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Science Robotics (Impact factor: 27.541)
- 논문명 : Cuttlefish-eye-inspired artificial vision for high-quality imaging under uneven illumination conditions
- 저자 정보 : 송영민 (지스트, 공동 교신저자), 김대형 (서울대, 공동 교신저자), 이길주 (부산대, 공동 교신저자), 김민성(Northwestern University, 공동 제1저자), 장세희(지스트, 공동 제1저자), 김민수(서울대, 공동 제1저자), 여지은(지스트, 공동저자), 김민석(지스트, 공동저자)