

동공 중심 특징을 활용한 실시간 시선 추적 기반 무인단말기 시스템

박영서¹, 조연우¹, 조혜민¹, 지연우¹, 유석봉²

¹전남대학교 인공지능학부 학부생

²전남대학교 인공지능융합학과 교수

givpro22@daum.net, yw020628@jnu.ac.kr, cho26739830@gmail.com, speciling@naver.com,
sbyoo@jnu.ac.kr

Real-time eye tracking based on pupil center features for KIOSK system

Young-Seo Park¹, Yeon-Woo Cho¹, Hye-Min Jo¹, Yeon-Woo Ji¹, Seok-Bong
Yoo²

¹Dept. of Artificial Intelligence, Chonnam National University

²Dept. of Artificial Intelligence Convergence, Chonnam National University

요약

현재 무인단말기는 대부분 터치 기반의 입력 방식에 의존하고 있으며, 이는 손의 사용이 제한된 사용자나 위생이 중요한 환경에서 불편함과 감염 위험을 초래한다. 이에 본 연구는 시선 추적 방식의 비접촉형 무인단말기 시스템을 제안한다. 동공 중심 특징 벡터와 시선 보조 특징 벡터를 활용하여 높은 정확도와 실시간성을 기대할 수 있는 딥러닝 기반 시선 추적 모델의 활용 가능성을 설계 차원에서 제시한다. 또한 시선 유지 방식의 입력을 지원하는 사용자 인터페이스와 고대비 디자인, 음성 안내, 시각적 피드백 요소를 포함한 사용자 경험 요소를 설계한다. 본 시스템은 무인단말기, 백오피스, 백엔드 서버로 구성된 구조를 갖춘다. 이를 통해 접촉 기반 인터페이스의 물리적 제약을 해소하고, 다양한 사용자 환경에서의 접근성과 조작 효율성을 향상시킬 수 있다.

1. 서론

현재 무인단말기는 대부분 터치 기반의 접촉 방식으로 조작이 가능하다. 그러나 이러한 방식은 손을 자유롭게 사용할 수 없는 사용자에게 불편함을 초래하며, 병원이나 공공장소와 같이 위생이 중요한 환경에서는 접촉을 통한 감염 위험이 존재한다. 이러한 문제로 인해 비접촉 방식의 무인단말기[1][2]에 대한 필요성이 점점 증가하고 있다.

기존 시선추적 무인 단말기 연구는 최신 기술 대비 정확도 및 실시간성 측면에서 한계가 존재한다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 성능과 실시간성 면에서 우수한 AFF-Net[3]을 도입하였으며, 상용 환경에서도 안정적인 성능을 확보하기 위해 동공 포인트 정보를 추가로 활용하여 모델을 학습한다.

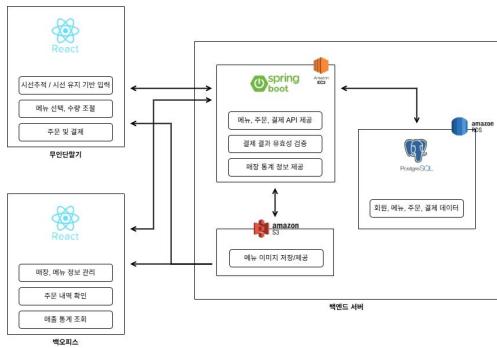
또한, 시선 기반 조작의 특성을 고려하여 사용자 인터페이스 및 사용자 경험을 새롭게 설계함으로써 보다 직관적이고 편안한 사용자 경험을 제공할 수 있도록 한다.

2. 시선 추적 무인단말기 시스템 개발

본 연구에서는 시선 추적을 활용해 손을 쓰지 않고 주문·결제가 가능한 비접촉 무인단말기 시스템을 제안한다. 시스템은 그림 1과 같이 시선 추적 무인 단말기, 매장 관리용 백오피스, 데이터 처리용 백엔드 서버로 구성된다.

무인단말기는 사용자의 시선을 추적하여 일정 시간 특정 영역을 응시하면 항목이 선택되는 시선 유지 기반 입력 방식을 적용한다. 웹 브라우저 기반 클라이언트는 카메라 영상에서 MediaPipe와 AFF-Net을 활용해 얼굴과 눈 위치를 분석하고, 이를 시선 좌표로 변환한다. 동그라미 애니메이션을 통한 시각적 피드백, 적절한 버튼 크기와 간격, 고대비 색상, 음성 안내를 통해 접근성과 조작 정확도를 높였다.

백오피스는 웹을 통해 메뉴 관리, 주문 내역 확인, 매출 통계 조회 등을 제공한다. 매장 운영자는 이를 통해 주문을 실시간으로 관리하고 다양한 통계 데이터를 매장 운영 전략 수립에 활용할 수 있다. 백엔드 서버는 주문, 결제, 메뉴, 통계 등의 기능을



(그림 1) 시스템 구조도.



(그림 2) 시선 추적 파이프라인.

수행하는 API를 제공하며, 무인단말기와 백오피스의 데이터를 통합 관리한다. 무인단말기에서 발생한 주문을 저장하고 결제 정보의 유효성을 검증하며, 백오피스를 통해 수정된 메뉴 정보를 무인단말기에 반영한다. 또한, 실시간 주문 내역과 통계 데이터를 제공한다.

3. 시선추적 파이프라인

본 연구에서는 범용카메라에서 촬영한 사진을 활용하여 시선 위치를 예측하는 시선 추적 파이프라인을 제안한다.

입력 영상으로부터 얼굴, 눈 영역, 동공 영역의 랜드마크를 추출한다. 추출된 정보를 바탕으로 시선 예측에 활용할 수 있는 하나의 통합 특징 입력벡터를 생성한다. 입력벡터는 눈 바운딩 박스 기준으로 정규화된 동공 좌표를 포함하며, 양 눈 사이의 방향 벡터, 양안 중심 좌표, 두 눈 간 거리, 눈의 크기, 눈 깜박임 정도 지표를 함께 포함한다. 입력벡터는 시선의 방향성을 표현할 수 있으며, 모델의 시선 추적 정확도를 향상시키는 데 기여한다. 마지막으로 시선 추적 모델에 통합 특징 벡터를 입력으로 활용하여 화면 좌표계 상의 시선 위치를 예측한다. 이 위치는 화면 상에서 사용자의 주시 지점을 나타내며, 비접촉 사용자 인터페이스 입력 수단으로 활용한다.

본 파이프라인은 정밀한 동공 좌표 추출과 함께 시선 관련 특징을 효과적으로 통합하여, 높은 실시간성과 정확도를 동시에 달성할 수 있는 시선 추적 솔루션을 제공한다.

4. 결론

본 연구에서는 시선 추적 기반의 비접촉식 무인단말기 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 무인단말기, 백오피스, 백엔드 서버로 구성된 구조를 통해 실제 상용 환경에서의 확장성과 관리 편의성을 고려하였으며, 시선 유지 방식의 입력 방식과 고대비 UI, 음성 안내, 시각적 피드백 등 사용자 중심의 인터페이스를 설계하였다.

시선 추적 파이프라인으로는 동공 중심 기반 특징 벡터와 시선 보조 특징 벡터를 활용하여 실시간 성과 정확도를 동시에 확보할 수 있는 AFF-Net 기반 시선 추적 파이프라인을 설계한다. 향후 연구에서는 시간적 정보와 연속된 눈 움직임, 머리 자세를 반영한 시계열 모델 확장을 통해 본 파이프라인의 범용성을 더욱 강화할 계획이다.

본 시스템은 향후 실제 키오스크 환경에 적용되어, 기존 접촉 기반 입력 방식의 한계를 극복하고 보다 위생적이며 접근성 높은 HCI 수단으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사사문구

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 인공지능융합혁신인재양성사업 (IITP-2023-RS-2023-00256629) 및 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업(IITP-2024-RS-2024-00437718) 및 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 소프트웨어중심대학사업(2021-0-0 1409)의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 김민재, 김태원, 이효진, 조일현, 김웅섭, "시선추적 기술과 얼굴인식 기술을 이용한 무인단말기(키오스크)시스템", 한국정보처리학회 학술대회논문집, 대전, 2020, pp. 486-489.
- [2] 노현수, 김정재, 원종운, 임희호, 이지윤, 정순호, "Eyetracker를 활용한 아이트래킹 키오스크 시스템", 한국정보처리학회 학술대회논문집, 제주, 2021, pp. 1 184-1187.
- [3] Bao, Yiwei, et al., "Adaptive feature fusion net work for gaze tracking in mobile tablets", Proceedings of the 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), Milan, Italy, 2020, pp. 9936-9943.