학위논문요약서		
성명	**학과**	**해당 학위**
임윤섭	**기계공학과**	**석사**
학위개요	○ 논문제목 • 국문제목: 고해상도 비행시간 측정 센서를 사용한 원거리 3차원 얼굴 인식 시스템 • 영문제목: A Long Distance 3D Face Recognition System Using a Novel High-Resolution Time-of-Flight Sensor • 논문심사합격일: 2022.12.13 • 지도교수: 박용화 교수	

주요 내용 요약

Ⅰ. 연구목적

얼굴 인식 기술은 개인 인증과 보안 시설 접근, 서비스 로봇 등 보안이 중요한 장소에서 필요성이 증대되고 있다. 가장 대표적인 RGB 이미지 기반의 얼굴 인식 방식은 현재 널리 상용화되어 있지만, 실제 사람의 얼굴과 사진을 구분이 어렵고 조명 환경에 따라 인식이 불가능한 한계가 존재한다. 이를 극복하기 위해 거리 측정 센서의 발전에 따라 3차원 정보 기반 얼굴 인식 기술이 연구되는 추세이다. 다만 상용 거리 측정 센서가 취득할 수 있는 3차원 데이터의 해상도가 매우 낮기에 기존의 3차원 정보 기반 얼굴 인식 시스템으로는 1.5 m 이내의 가까운 거리에서만 활용이 가능하다.

본 연구에서는 이 한계를 극복하기 위해 스캐닝 방식을 사용한 고해상도 비행시간 측정 (Time-of-Flight, ToF) 센서를 사용하여 원거리에서 3차원 정보로 얼굴을 인식하는 시스템을 제안한다. 그리고 제안한 센서 기반 시스템과 3차원 얼굴 인식 알고리즘을 공공 데이터와 직접 취득한 거리 별 데이터에 대해 검증하고 상용 ToF 센서 기반의 시스템과 비교한다. 또한, ToF 방식에서 추출이 가능한 IR amplitude 정보 기반의 새로운 feature를 제시한다.

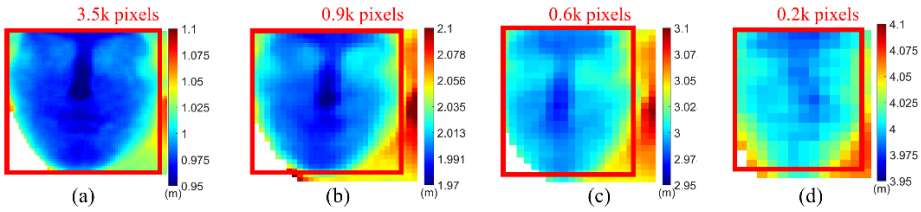

Figure 1. 상용 ToF 센서의 거리 별 얼굴 영역의 3차원 데이터, 괄호 안은 해상도를 의미
(a) 1m (65x60), (b) 2m (30x35), (c) 3m (25x25), (d) 4m (17x18)

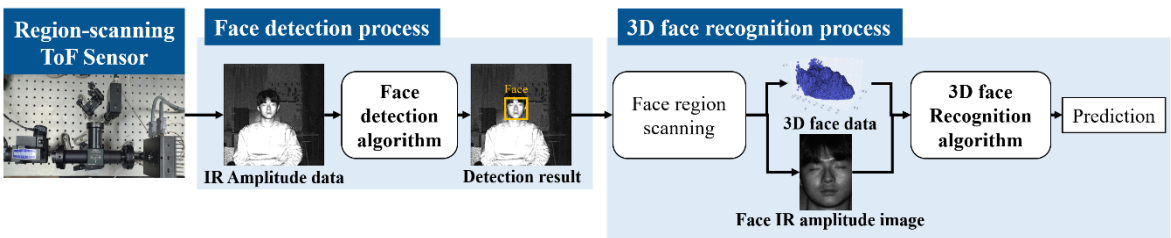

Figure 2. 제안한 시스템의 framework

Ⅱ. 연구내용

제안한 시스템은 스캐닝 기반 ToF 센서 하드웨어, 얼굴 탐지 과정, 얼굴 인식 과정으로 구성된다.

제안한 스캐닝 기반 ToF 센서는 갈바노미터 스캐너를 사용한 co-axial 광학계로 구성되어 있으며 디지털 병렬 복조 기반의 AMCW iToF 방식으로 거리를 측정한다. 제안한 센서는 스캐닝 방식을 사용하였기에 다양한 해상도와 자유로운 시야각으로 3차원 데이터를 취득할 수 있어 Figure 2처럼 전체 장면에 대한 데이터와 얼굴 부분과 같은 특정 영역의 고화질 3차원 데이터 취득이 모두 가능하다.

얼굴 탐지 과정은 전체 장면의 IR amplitude 이미지로부터 얼굴을 탐지하여 스캐닝할 영역의 좌표를 얻는 과정으로 가장 높은 검출율과 IoU 값을 가지는 YOLO v5 모델을 얼굴 탐지 알고리즘으로 결정하였다. 얼굴 인식 과정은 3차원 데이터 기반 네트워크와 IR amplitude 이미지 기반 네트워크를 결합한 새로운 feature를 사용한 알고리즘을 포함한다. 이 알고리즘에서 각 데이터에 맞는 네트워크 조합을 공공 데이터셋으로 결정한 뒤 취득한 데이터로 fine-tuning을 진행하였다.

제안한 시스템은 기존 ToF 센서 기반 시스템보다 원거리에서 높은 해상도의 얼굴 데이터를 얻을 수 있으며 이는 Figure 3이다. 이 데이터를 사용해 제안한 스캐닝 ToF 센서 기반 시스템이 3m 이상의 원거리에서도 좋은 성능을 보임을 확인하였다. 그리고 IR amplitude 데이터를 사용한 제안한 알고리즘이 효과적임을 검증하였다.

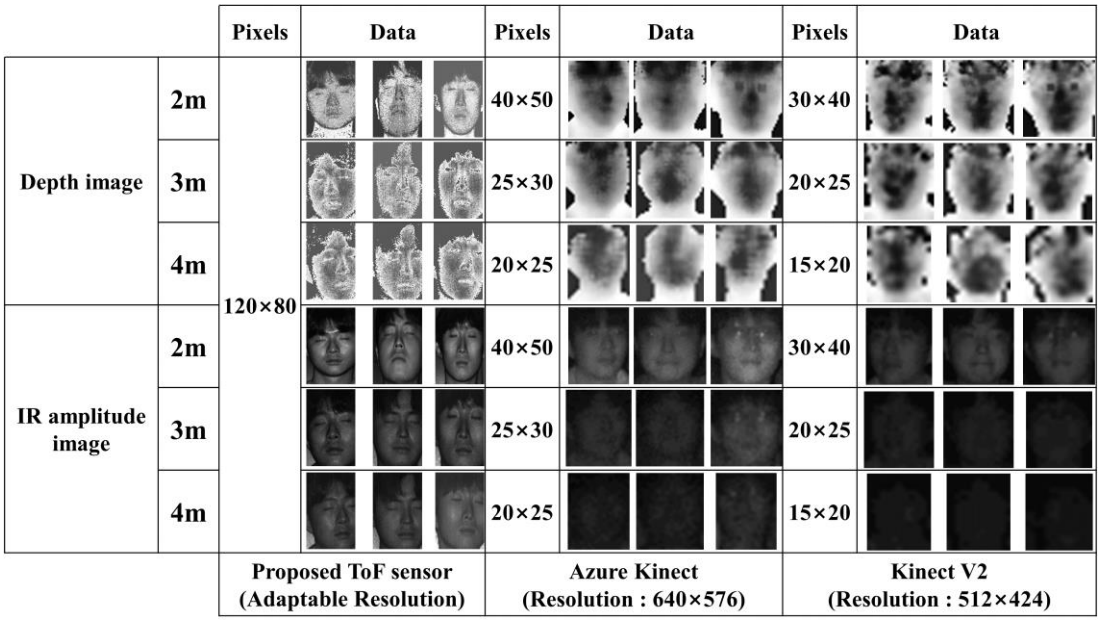

Figure 3. 각 ToF 센서로 취득한 거리 별 depth 이미지와 IR amplitude 이미지 예시

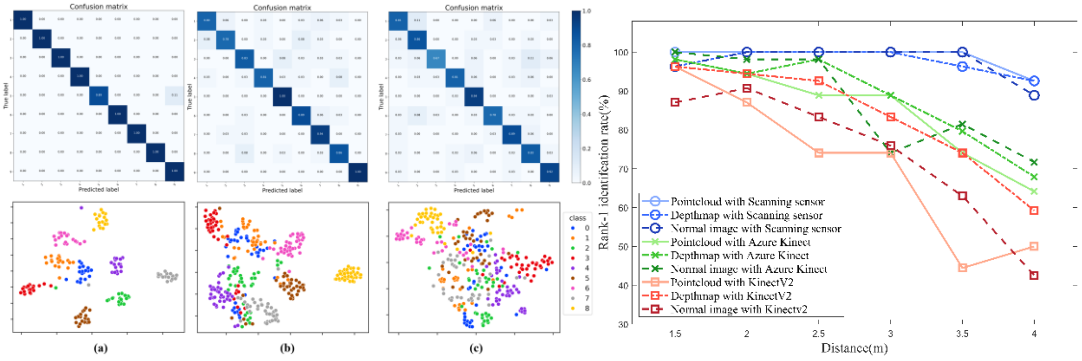

Figure 4. (좌): 각 ToF 센서를 사용한 얼굴 인식 시각화 결과, (우): 거리 별 인식률 그래프