

39. 숲전속결

고령가구 대상 능동형 AI 홈 케어 시스템

윤영창, 이영준, 이찬희, 정은진, 홍희훈

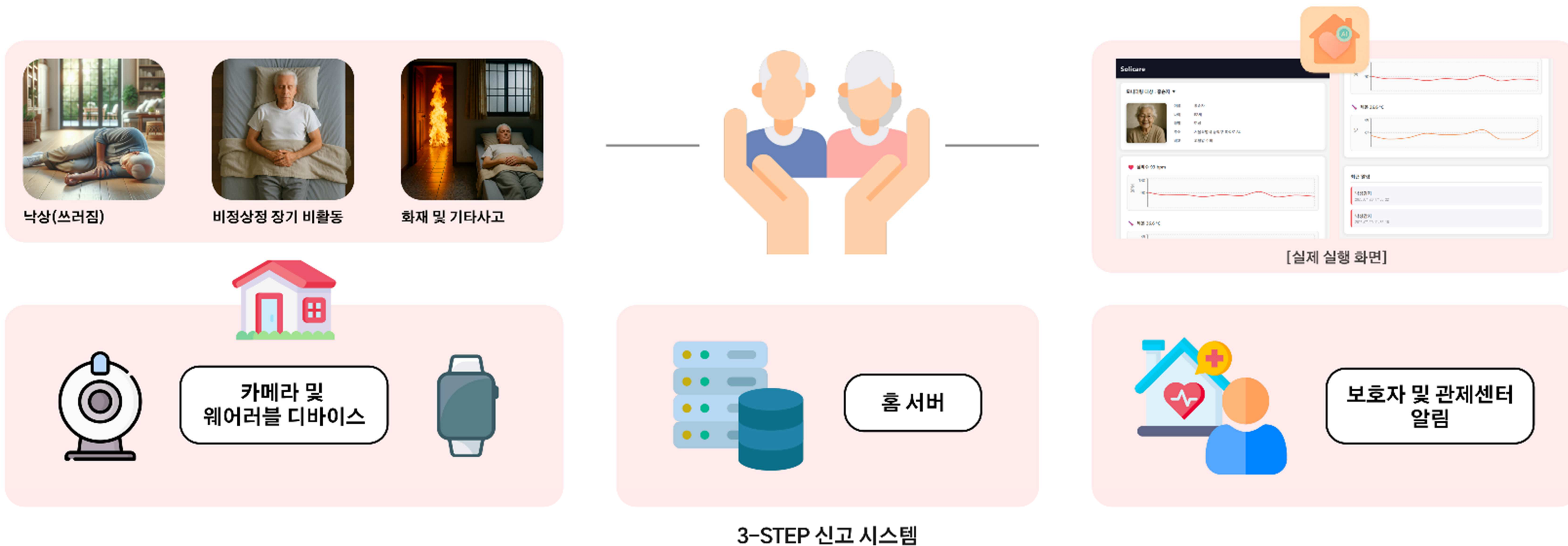
작 품 개 요

[문제인식]

고령화 사회가 빠르게 진행되며 독거 노인의 수가 급격히 증가하고 있습니다. 이에 따라 독거 노인 돌봄 문제가 단순한 개인의 과제를 넘어 사회 전반의 중요한 과제로 떠오르고 있습니다. 그러나 기존의 단일 기기 기반 모니터링 시스템은 여러 한계를 가지고 있어, 다양한 상황에서 충분한 대응이 어렵습니다.

[시스템 설명]

본 시스템 Solicare는 독거 노인의 안전과 건강을 실시간으로 모니터링하도록 설계된 통합 홈케어 플랫폼입니다. 집안 스마트 카메라를 통해 낙상이나 장시간 움직임이 없는 이상 행동을 감지하고, 손목 착용 웨어러블 기기로 심박수와 체온 등 생체 신호를 측정합니다. 다양한 기기에서 수집된 데이터를 상호 검증하여 오작동을 최소화하며, 상시 모니터링하지 않더라도 위험을 감지하면 보호자와 요양센터에 모바일 앱과 웹을 통해 즉각 알림과 대응 가이드를 제공합니다. 이를 통해 보다 높은 신뢰성을 갖춘 능동형 AI 기반 통합 모니터링 시스템을 구현해보았습니다.



3-STEP 신고 시스템

문 제 정 의

[기존 시스템의 문제점]

웨어러블 디바이스 기반

센서 오류 및 사용자의 기기 미착용으로 인한 오작동률 ↑



카메라 기반

단순 영상 정보만으로는 정확한 판단이 어려워, 지속적 모니터링 필요 → 시간·비용 부담



사용자 직접 요청 기반

위급 상황에서 구조 요청이 현실적으로 어려움



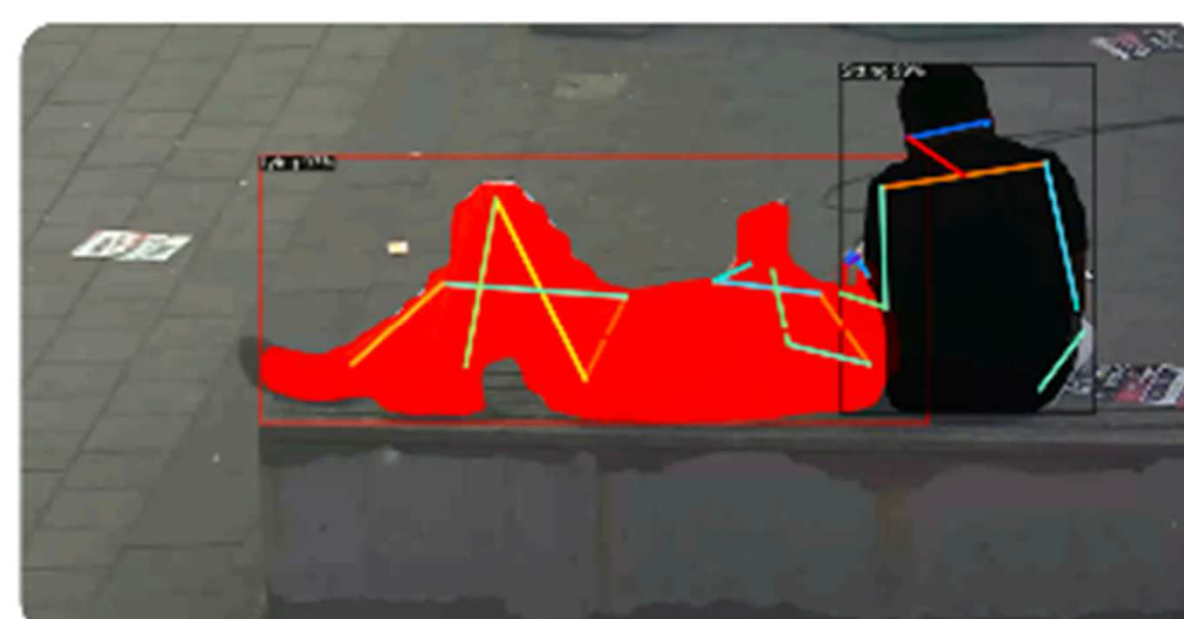
경남지역 스마트워치 오작동 119긴급신고 미출동 현황 (단위: 건) 자료: 경남소방본부

연도	신고접수	오작동(미출동)
2020년	29	25
'21	93	75
'22	208	191
'23	295	248

Solution

Image Detection

카메라를 통해 들어오는 실시간 이미지 분석
AI 분석을 통해 현재 관찰 환경에 대한 특이사항을 탐지



생체 데이터 모니터링

체온, 심박수 모니터링, 비정상적인 충격 이벤트 감지
이벤트 발생시 실시간 이미지와 함께 분석하여 대처



보다 높은 신뢰성을 가진 통합 모니터링 시스템

39. 숲전속결

개 념 설 계

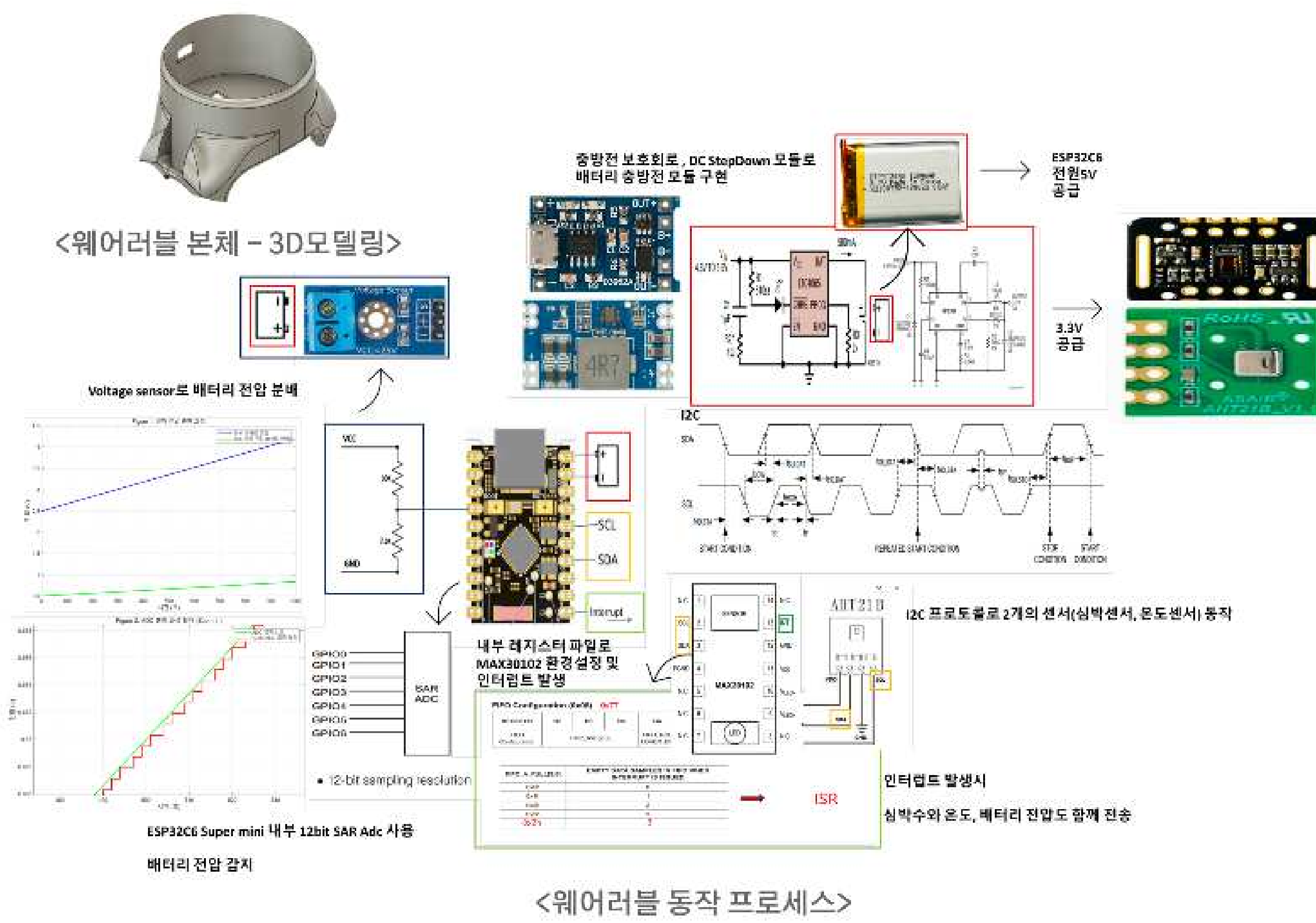
[카메라]

ESP32-S3의 듀얼코어 아키텍처를 활용한 C++ 기반 병렬 처리 시스템으로, 한 코어는 OV5640 카메라 캡처를, 다른 코어는 WebSocket을 통한 실시간 데이터 전송을 담당하여 고해상도 영상 스트리밍의 안정성과 효율성을 극대화했습니다. HD급 해상도(1280×720)에서 13~20fps의 일정한 프레임률로 WebSocket 프로토콜을 통해 저지연 양방향 통신을 구현하며, ESP-IDF 프레임워크 기반의 C++ 로우레벨 비동기 이벤트 처리 구조로 실시간 응답성과 시스템 안정성을 보장하는 고성능 임베디드 시스템입니다.



[웨어러블]

ESP32-C6 기반 C++ 멀티모달 융합 시스템으로 MAX30102 심박센서, AHT21B 온도센서, 다중 충격 감지 센서를 I2C 통신, 하드웨어 인터럽트 및 ADC를 통해 통합하여 실시간 생체 신호를 수집합니다. 고효율 전원 관리 시스템과 비동기 WebSocket 프로토콜을 결합하여 저지연 데이터 전송을 구현하며, ESP-IDF 프레임워크 기반의 이벤트 드리븐 아키텍처로 연속적인 헬스케어 모니터링이 가능한 고성능 웨어러블 IoT 디바이스입니다.



[홈서버]

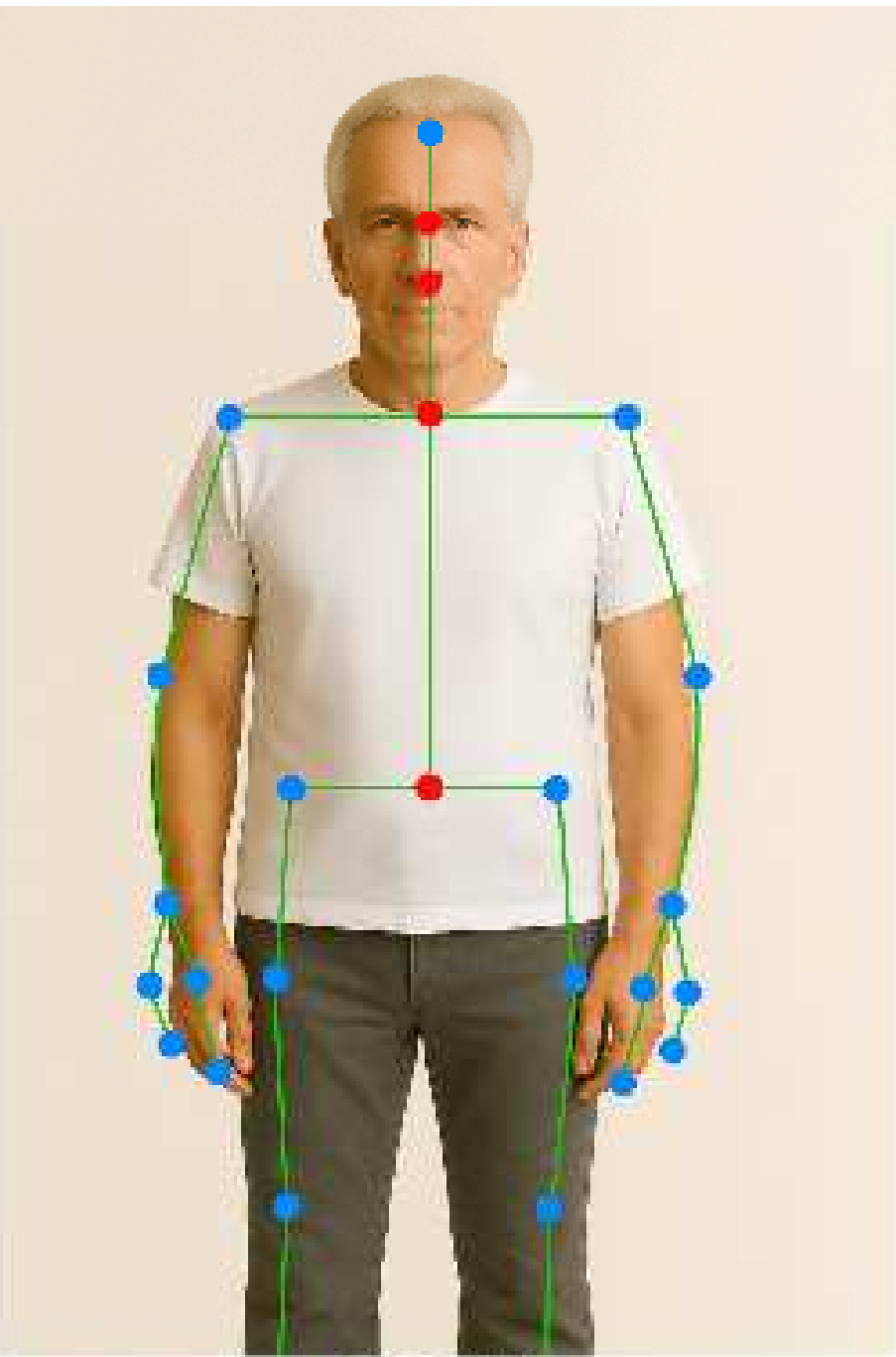
Boost.Asio/Beast 프레임워크를 활용한 지능형 낙상 감지 및 상태 관리 홈 서버입니다. C++20 코루틴을 통해 카메라와 웨어러블 디바이스로부터 스트리밍되는 영상 및 센서 데이터를 비동기로 수집하고, 멀티모달 데이터 융합을 통한 현재 상태 분석을 수행합니다. 낙상 이벤트 감지 시 REST API를 통해 외부 헬스케어 시스템에 즉시 상태 업데이트를 전송합니다.



[낙상 판단]

신체 주요 포인트 감지

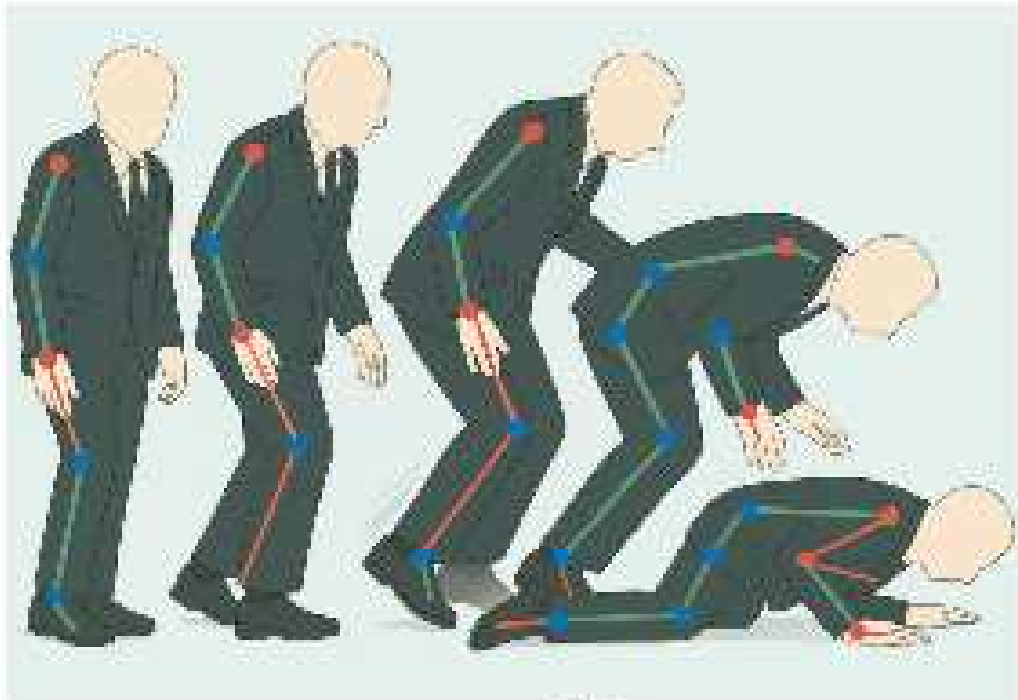
- 신체의 주요 포인트를 강화학습된 라이브러리를 이용하여 포인팅, 각 포인트들은 2D 이미지 상에서의 (x,y)좌표를 지니게 된다. 비정상 범위로 측정된 데이터는 필터링한 후, 각 포인트의 좌표 정보를 이후 분석 및 판단에 사용함. <그림1>



<그림1>

포인트 좌표 변환, 변화량 측정

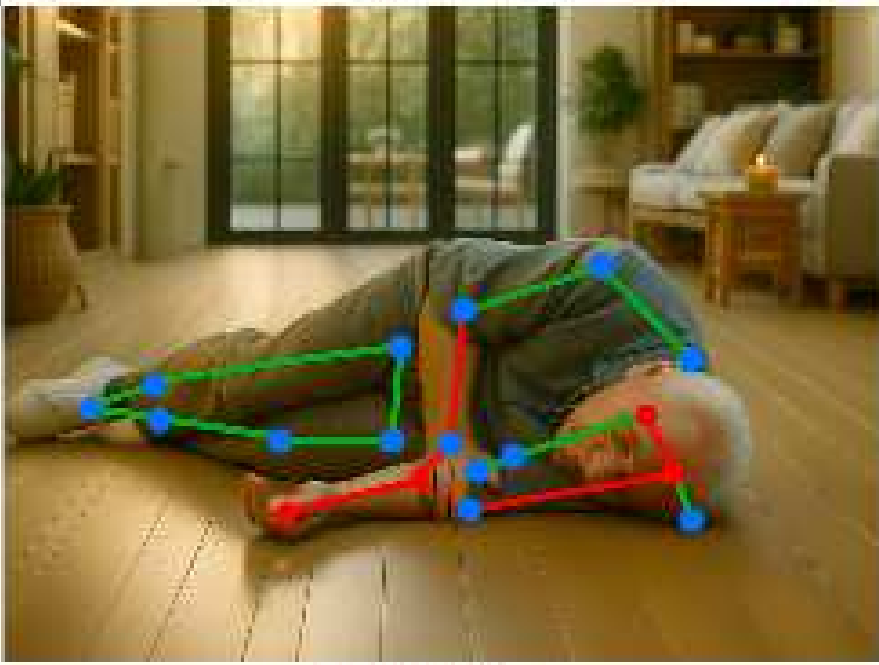
- 카메라 디바이스에서 전송되는 데이터는 각 순간의 프레임 이미지이며, 서버에서는 수신한 이미지로부터 다수의 신체 좌표를 연속적으로 추출·분석합니다.
- 피관찰자가 넘어지는 상황에서는 각 포인트의 좌표 변화가 오른쪽 이미지와 유사한 패턴을 보이므로, 이를 기반으로 낙상 여부를 판단할 수 있다. <그림2>



<그림2>

낙상 판단 - 판단근거

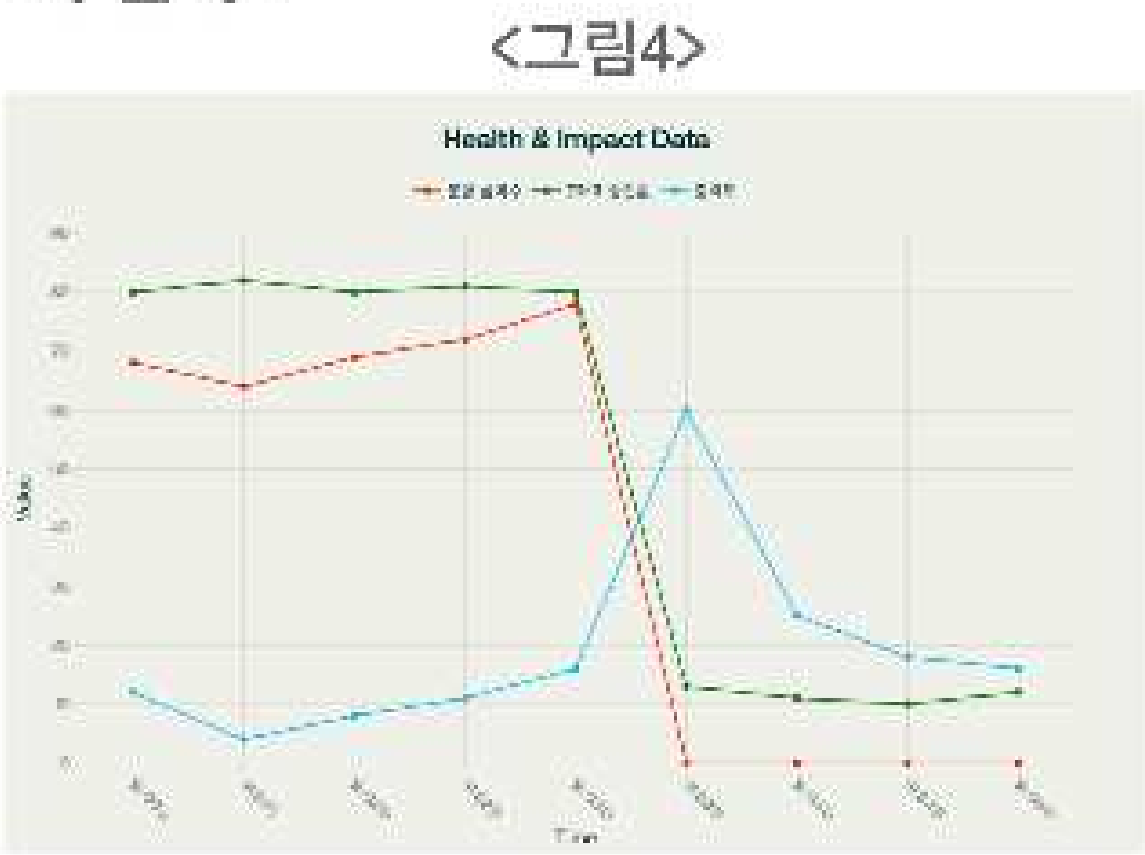
- 낙상이 발생한 후에는 각 포인트의 y좌표 평균값이 바닥의 Y좌표와 거의 일치하게 나타남 <그림3>
- 쓰러진 직후의 이미지만으로 판단하지 않고, 직전 프레임과 비교하여 Y좌표의 변화량을 분석하면 단기간에 급격한 변화가 발생했음을 확인할 수 있다
- 피관찰자가 착용한 웨어러블 디바이스의 충격 센서에서도 낙상 시 유의미한 데이터가 연속적으로 측정되므로, 이러한 정보 역시 낙상 판단의 근거로 활용될 수 있다.



<그림3>

낙상 판단 - 시나리오

- 낙상 상황에서 신체 각 포인트의 Y좌표 평균값, 충격도, 심박수의 시간에 따른 변화를 예시적으로 시각화한 결과는 <그림4>와 같다.
- 낙상이 일어난 경우 Z좌표(2D의 경우 Y좌표)의 평균값이 큰 감소량을 보이고, 충격도가 임펄스 형태로 관측된다.



<그림4>

[어플리케이션]

Spring Boot 기반, Java REST API를 통해 홈 서버와 실시간 연동하여 보호자 애플리케이션에 즉시 알림과 상태 정보를 제공합니다. FCM(Firebase Cloud Messaging)을 활용하여 실시간 푸시 알림을 전송합니다.

[GITHUB REPOSITORY]

Solicare의 소스코드와 커밋, PR, 배포기록을 확인하실 수 있습니다.



<프론트엔드>

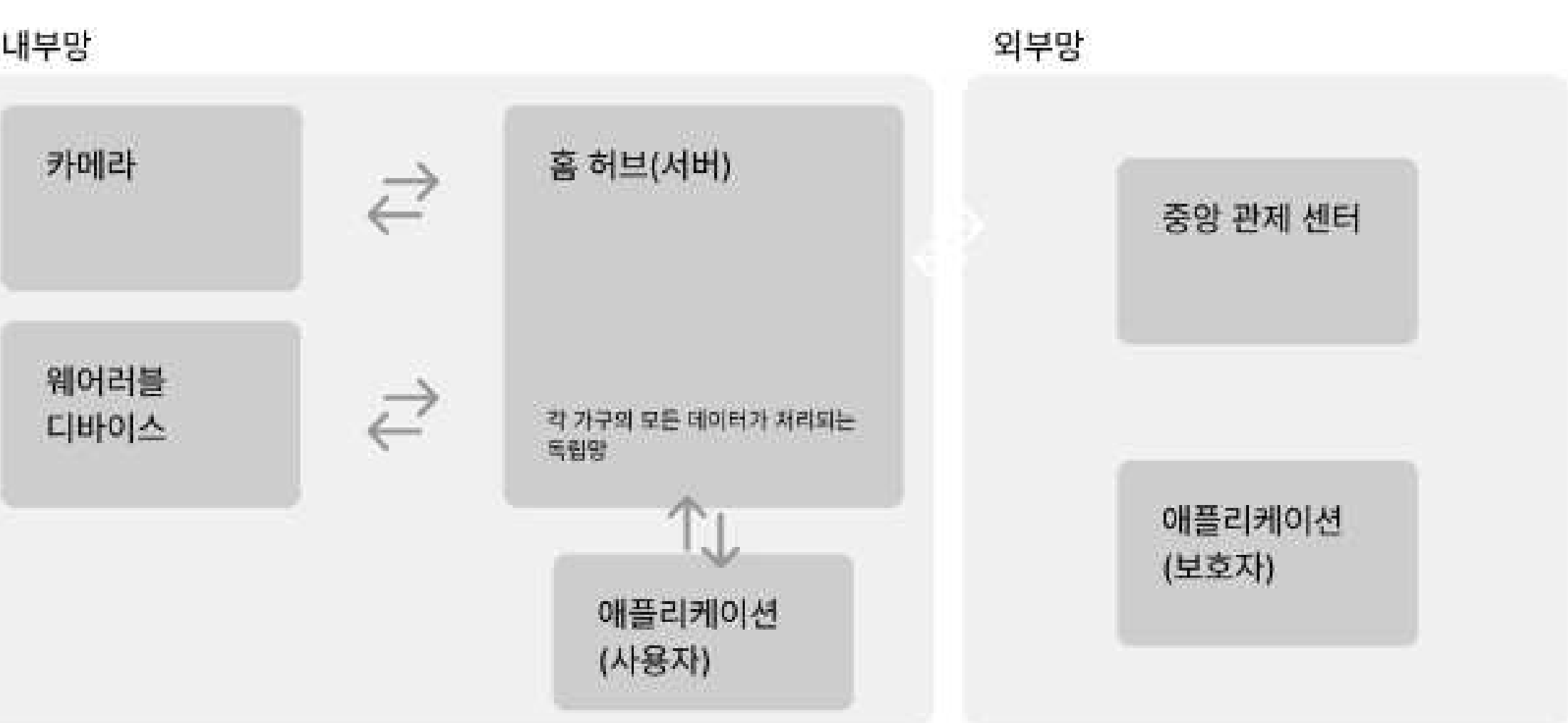
<백엔드 API>

<카메라 디바이스>

<웨어러블 디바이스>

<홈 서버>

[시스템 구성]



※ 생체 데이터 및 이미지는 로컬망에서만 처리됩니다.

기 대 효 과

오작동 감소 및 감지 정확성 향상
카메라와 웨어러블 데이터를 융합해 불필요한 알림 최소화, 실제 위급 상황 감지율 극대화

보호자 및 사회적 부담 경감
AI가 24시간 능동 감지 → 보호자 모니터링, 응급서비스 불필요 출동 감소

'골든타임' 확보
사용자가 직접 구조를 요청하기 어려운 환경 에도 자동 감지하여 즉시 보호자에게 알림 전송

능동적 케어 실현
생체 데이터 기반 조기 이상 징후 발견, 예방 중심의 건강 관리 지원