

SMART BABY CRADLE

동양미래대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 YD반 InnoArt

김지언, 윤세빈, 이재왕, 임주현, 홍가의
지도교수 : 이희진

개요

현대 사회에서 맞벌이 가정의 증가와 육아 부담의 가중으로 인해 부모들은 아기의 수면 관리와 안전을 동시에 보장하기 어려운 현실에 직면하고 있다. 특히 영아의 수면 중 돌연사 위험이나 울음, 움직임 등에 즉각적으로 대응하기 어려운 점은 부모에게 심리적 불안과 피로를 유발한다.

이에 본 프로젝트는 IoT(사물인터넷) 기술과 인공지능(AI) 기반 분석 기술을 결합한 스마트 아기 요람 시스템을 제작하였다. 본 시스템은 아기의 움직임, 울음소리, 체온 등을 실시간으로 감지 및 분석하여, 아기의 상태를 보호자에게 즉시 전달하고 위험 상황에 선제적으로 대응할 수 있도록 설계되었다.

이를 통해 육아 과정에서의 부모의 육체적·정신적 부담을 완화하고, 아기의 안전하고 건강한 수면 환경을 제공하는 것이 목표이다. 이를 통해 부모는 원격으로 아기의 상태를 확인하며 효율적인 양육을 수행할 수 있다.

시스템의 궁극적 목표는 부모의 육체적·정신적 부담을 경감하고, 아기에게 안전하고 건강한 수면 환경을 제공하는 것이다. 사용자는 모바일 애플리케이션을 통해 언제 어디서나 아기의 상태를 모니터링하고, 상태 기록 및 메모 기능을 통해 성장 데이터를 관리할 수 있다. 또한, 서버 명령을 통해 요람의 모터를 원격 제어하여 아기의 수면을 도울 수 있다.

구성 및 동작 방식

스마트 아기요람 시스템은 IoT 에이전트 -> MQTT 브로커 -> 백엔드 서버 -> 모바일 앱 및 웹 대시보드로 이어지는 데이터 파이프라인 구조를 기반으로 동작한다.

각 구성 요소는 다음과 같은 역할을 수행한다.

1. IoT 에이전트 (Raspberry Pi)

센서 데이터를 수집하고 서버로 전송하는 장치

스마트 아기요람의 핵심 제어 장치로, 얼굴 방향(MediaPipe), 울음 감지(KNN+MFCC), 체온(시리얼 센서) 등의 데이터를 실시간으로 수집한다. 수집된 데이터는 MQTT 프로토콜을 통해 프레임 이미지, 방향, 울음 여부, 온도 등의 정보를 백엔드 서버로 전송한다.

2. 백엔드 서버 (Flask / Gunicorn)

데이터를 저장하고, 분석 알림을 처리하며 앱·웹과 통신

백엔드 서버는 수신된 데이터를 저장하고, 알림 로직과 인증·세션 관리를 수행한다.

REST API를 제공하여 앱 및 웹 대시보드와 통신하며, MJPEG 스트리밍을 통해 실시간 영상 전송 기능을 지원한다. 또한 Flask 기반의 세션 인증과 PBKDF2 해시를 적용하여 로그인 및 데이터 접근을 보호하며, CORS 도메인 제한으로 외부 접근을 제어한다.

3. MQTT 브로커

IoT 장치와 서버 사이에서 메시지를 중계하는 통신 허브

MQTT 브로커는 IoT 에이전트와 서버 간 메시지 라우팅을 담당한다. 1883/TCP 포트를 기본으로 사용하며, 보안 강화를 위해 TLS(8883) 기반 암호화 통신을 권장한다.

4. 데이터베이스 (MySQL)

수집된 센서 데이터, 사용자 정보, 알림 로그를 저장

센서 데이터, 사용자 정보, 알림 로그 및 영상 기록 등을 영구적으로 저장하고, 통계 및 이력 조회 기능을 제공한다. 주기적으로 불필요한 데이터를 정리하여 서버 성능을 유지한다.

5. 모바일 앱 (React Native / Expo)

부모가 요람 상태를 확인하고 제어할 수 있는 앱

부모 사용자는 모바일 앱을 통해 요람의 상태를 실시간으로 모니터링하고, 진동 강도 조절, 알림 확인, 아기 수면 히스토리 확인 등을 수행할 수 있다. 앱은 HTTP 기반으로 서버와 통신하며 MJPEG 스트리밍을 활용해 실시간 영상을 제공한다.

6. 웹 대시보드 (Flask + Jinja2)

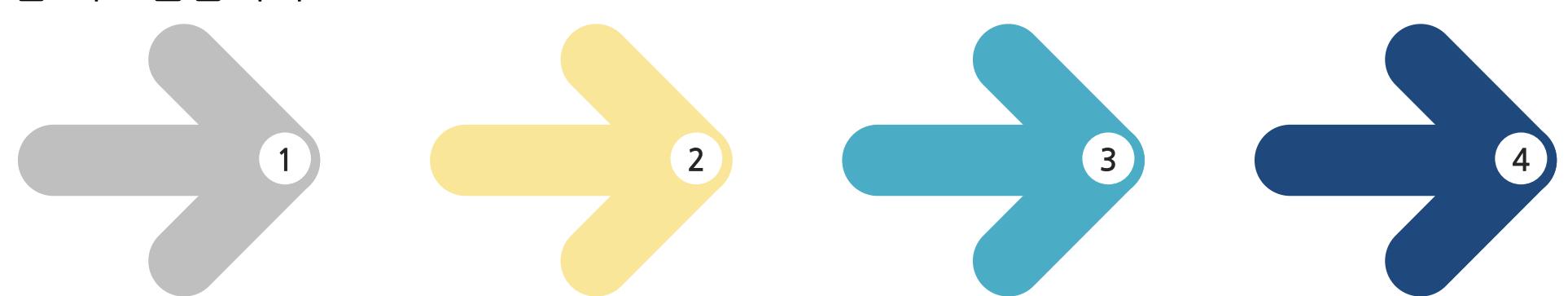
관리자나 부모가 실시간 데이터를 모니터링 할 수 있는 웹 페이지

웹 대시보드는 관리자용 인터페이스로, 실시간 영상 스트리밍, 센서 데이터 시각화, 알림 로그, 통계 차트 등의 기능을 포함한다. AJAX 통신을 이용해 데이터가 실시간으로 갱신된다.

7. 시스템은 Docker Compose 환경에서 Flask 서버와 Mosquitto 브로커를 컨테이너화하여 GCP(Google Cloud Platform) 상에 배포된다.

핵심기술

스마트 아기요람은 카메라·マイ크·체온 센서가 수집한 신호를 라즈베리파이에서 경량 AI로 즉시 해석하여(얼굴 방향, 울음 여부/강도, 체온 이상) 사건 중심의 요약 결과와 필요한 원본 메타데이터를 함께 생성합니다. 이 데이터는 MQTT(저지연 이벤트)와 REST API(조회·제어) 채널을 통해 서버·모바일 앱·웹 대시보드로 안전하게 전달되며, 서버는 이를 실시간 모니터링·상황 알림·통계 시각화·원격 모터 제어로 이어지도록 합니다. 전체 파이프라인은 평균 0.5~1초 내 응답을 목표로 설계되어 보호자가 즉시 대응할 수 있고, 중복 알림 억제·재전송 정책·권한 기반 접근 제어로 신뢰성과 보안을 동시에 보장하는 통합 시스템입니다.



IoT 에이전트 (Raspberry Pi)	백엔드 서버 (Flask/Gunicorn)	모바일 앱 (React Native / Expo)	웹 대시보드 (Flask + Jinja2)
얼굴 방향(MediaPipe), 울음 감지(KNN+MFCC), 체온(시리얼 센서)	수신 데이터 저장, 가공, 알림 로직, 인증/세션 REST API 제공, MJPEG 스트리밍 제공	로그인/요람 선택, 대시보드, 알림, 히스토리, 설정, 모터제어	실시간 영상, 센서 알림 AJAX 폴링, 차트 통계

Fig2. 센서 -> MQTT -> 서버 -> 앱/웹으로 이어지는 데이터 파이프라인 요약

Table1. 컴포넌트별 역할, 통신, 핵심데이터

모듈	역할	주요 통신	핵심 데이터
IoT 에이전트	얼굴, 울음, 체온 분석 후 발행	MQTT Pub (frame/Direction/crying/temperature)	JPEG 프레임, 방향, 울음 확률, 체온
백엔드 서버	수집/저장, 알림, API, 스트리밍	MQTT Sub / HTTP REST	SensorData, AlertLog, VideoFrame
MQTT 브로커	메시지 라우팅	1883/TCP, QoS 0	Topic: cradle/{uuid}/{type}
데이터베이스	영속 저장/통계 질의	MySQL 8.0	User/agent/sensor/alert/video
모바일 앱	모니터링, 제어, 설정	HTTP, MJPEG	대시보드뷰, 알림, 서보 제어
웹 대시보드	실시간 시각화	HTTP, AJAX	차트, 히스토리, 설정

주요 토픽 예: cradle/CRADLE-UUID/{frameldirection|crying|temperature|servo}

보안·운영 핵심 (01-03)

-인증/세션

- PBKDF2 해시, Flask Session 기반 로그인
- @login_required로 API 보호, CORS 도메인 제한

-MQTT/DB 보안

- 프로덕션: Mosquitto 계정/비TLS(1883) → TLS(8883) 권장
- DB 크리덴셜 환경변수 관리, 내부망 3306 허용

배포/스케일링

Docker Compose(Flask, Mosquitto) + GCP Cron: 오래된 프레임 10일·센서 30일 정리

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98