

개인 맞춤형 출입 보안 강화를 위한 ‘다중 인증 스마트 도어락’ 시스템 개발

Sanddalaggi

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발 목차

01

문제 정의 및 프로젝트 개요

02

사례 분석 및 IoT 설계

03

시연 및 검증 결과

04

성과 및 핵심 기여

05

결론

01. 문제 정의 및 프로젝트 개요

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

문제 제기

Why this?

“기존 스마트 도어락의 보안적 한계와 기술적 취약점이 여전히 존재하며 보안사고가 끊이지 않음”



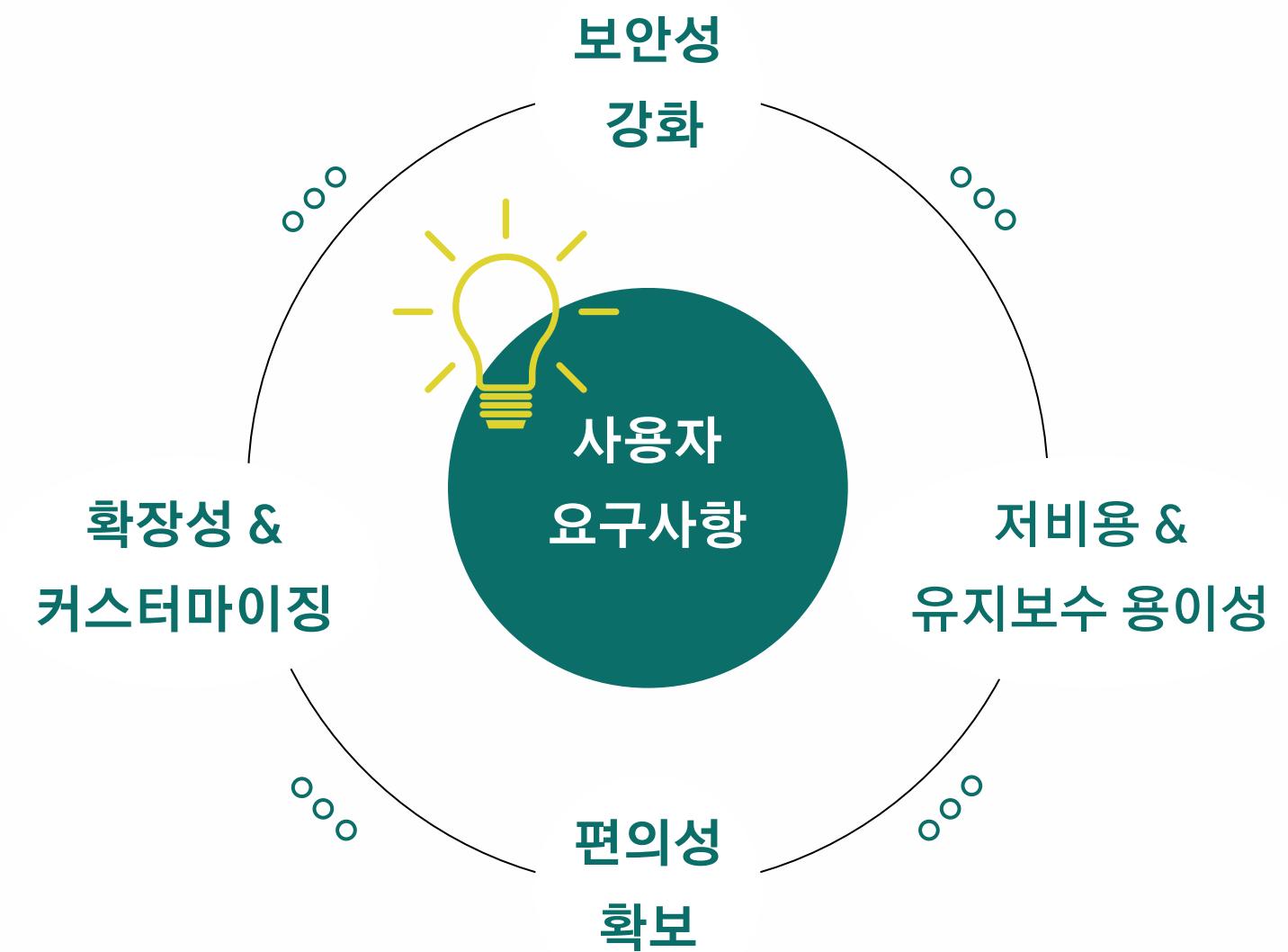
시기	지역	사고피해사례
2018	부산	아파트 복도 천장에 화재감지로 위장한 몰래카메라 설치로 비밀번호가 유출되어 약 2억 원어치의 금품 절도
2023	울산	같은 오피스텔에 사는 여성을 몰래 뒤쫓아가 도어락 비밀번호를 누르는 모습을 지켜보고 집안까지 침입
2023	익산	같은 병원에 근무하는 후배인 B 씨의 집 현관문 앞에 폐쇄 회로를 설치하고 도어락 비밀번호를 수차례 누르며 침입하려 한 혐의

- 비밀번호, 카드키 등 다양한 출입 방식에도 계속되는 보안 사고
→ 위 시스템은 정적이고 반복 가능한 인증 방식에 의존
- 복제, 유출, 우회 등의 기술적 취약점
→ 사용자는 보안성과 편의성 사이에서 타협해야함
- 기존 도어락의 단일 인증 방식은 대부분 로컬 장치에 의존함
→ 로그 관리 및 원격 제어가 어려운 구조를 가지고 있음
- 호텔 스마트 도어락의 해킹 사례
→ 3백만 개 객실이 위험에 노출

단순히 업그레이드가 아닌
새로운 방식의 인증 접근법으로 접근

현장 기술 문제 및 사용자 요구사항

현장 기술 문제	
보안적 한계	<ul style="list-style-type: none"> 기존 도어락은 단일 인증(비밀번호, 카드키 등)에 의존 → 유출 / 복제 / 우회에 취약 로그가 로컬에만 저장되어 실시간 모니터링 및 원격 관리 불가 인증 실패 시 대처 방안 부족 → 사용자의 긴급 상황에 취약
기술적 제약 및 환경적 한계	<ul style="list-style-type: none"> 저조도 환경, 얼굴 가림, 손바닥 촬영 각도에 따라 인식률 저하 다양한 카메라 및 입출력 장치에서 실시간 영상처리 시 속도 저하 및 지연 발생 다인(多人) 상황에서 오인식 가능성 존재
운영 관리의 어려움	<ul style="list-style-type: none"> 여러 사용자가 동일 장비를 사용할 경우, 사용자별 권한 설정 어려움 노후화된 하드웨어에서 인식률 저하 기존 장비와의 호환성 문제 및 교체 비용 부담



다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

솔루션 제안

Suggestion

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

Development of Multi-Authentication Smart Door Lock System



Face
recognition



Palm
recognition



Motion



QR

“비접촉 카메라 기반 생체 인증 기술”

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

프로젝트 목표

최종목표

AI 기반 다중 인증 기술과 IoT 하드웨어를 결합한 스마트 도어락 시스템을 구축하여, 사용자 편의성과 보안성을 동시에 확보

1단계: AI 기반 출입 인증 시스템 구현

얼굴, 손바닥, 모션, QR 인증 등 다양한 인증 방식을
조합한 MFA 구조 설계

2단계: 저비용 IoT 하드웨어 기반 개발

라즈베리파이 + 카메라 + 서보모터 조합으로
실시간 영상처리 및 도어락 제어 구현

3단계: 웹 기반 사용자 관리 및 원격 제어

Flask 웹 앱 + MySQL로 사용자 등록, 출입 로그,
실시간 상태 확인 기능 제공

4단계: 보안성 강화 및 확장성 확보

HTTPS 통신, 알림 전송, 인증 실패 대응 및
향후 시스템 확장성 확보

*MFA (Multi-Factor Authentication): 다중 인증을 의미하며, 사용자의 신원을 확인하기 위해 서로 다른 2개 이상의 인증 수단을 결합해 사용하는 인증 방식.

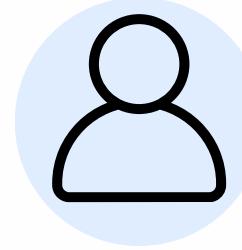
다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

개발 팀



[한혜림]

{팀장} 모션 인식 기능,
프로젝트 기획 및 총괄



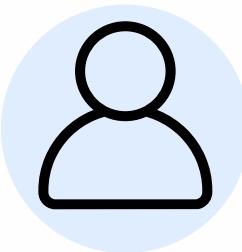
[박정민]

QR코드 인식 기능,
클라우드 서버 구축



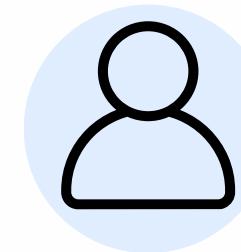
[최범규]

UI 개발, 기기 네트워킹,
클라우드 서버 및 DB 구축



[윤지호]

손바닥 인식 기능,
하드웨어 모형 제작

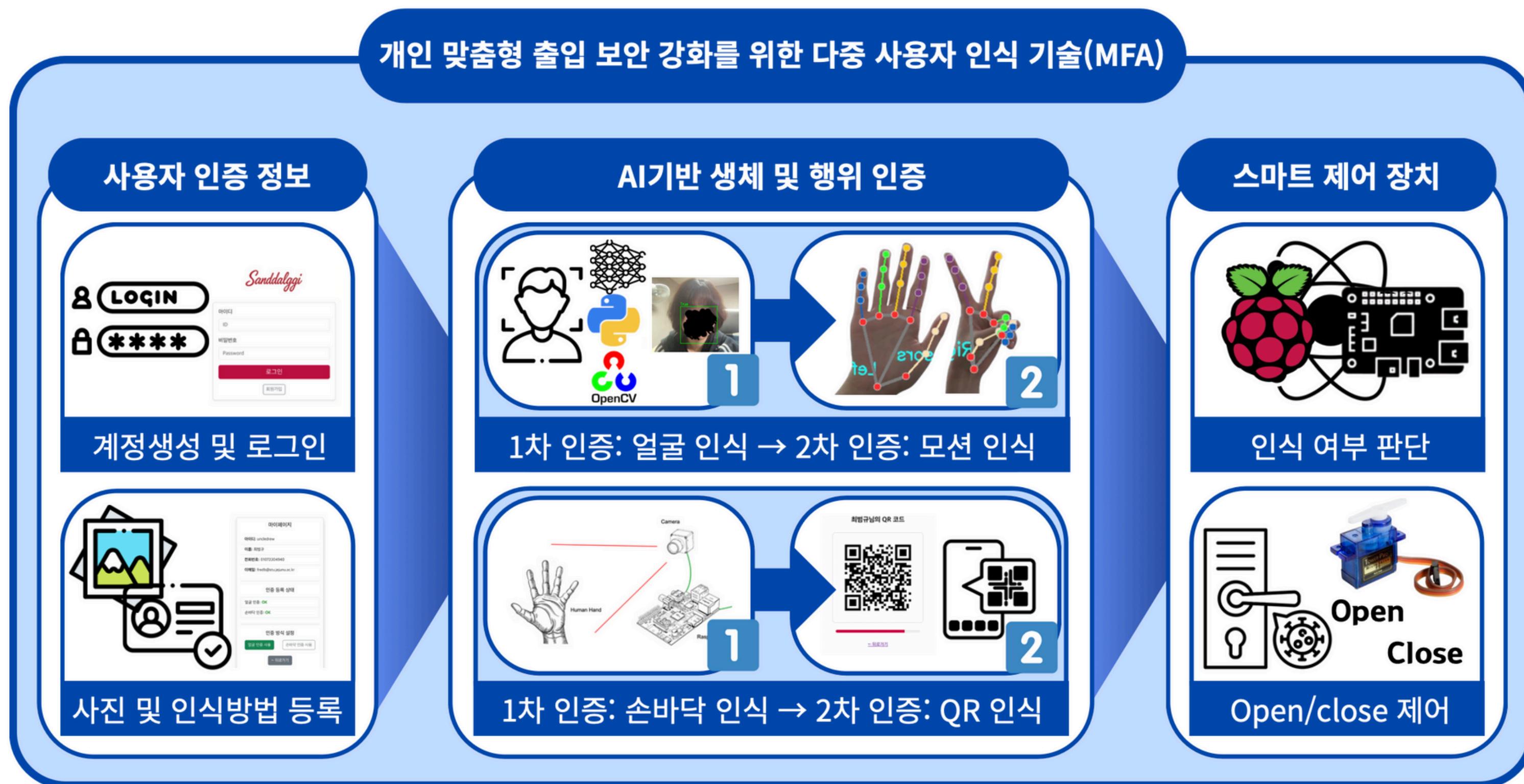


[이태이]

얼굴 인식 기능,
인식 모듈 통합 및 네트워킹

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

전체 시스템 흐름도



다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

프로젝트 개요

시스템 동작 흐름

사용자의 생체 정보를 인식하여 인증을 수행하고, 인증 결과에 따라 도어락을 제어하며 출입 기록을 서버에 저장하는 스마트 보안 시스템



사용자 요청 전송

① 사용자가 Sanddalggi 웹앱을 통해 로그인, 인증 요청(예: QR 생성, 얼굴 인증 등)을 보냄.

요청 처리 및 응답 반환

② Google Cloud 서버는 웹앱의 요청을 받아 인증 및 데이터 조회 과정을 준비하고, 처리 결과를 다시 웹앱으로 반환.

인증 데이터 요청

③ 서버는 MySQL DB에 사용자 계정, 인증 기록, QR 코드, 사진 등 필요한 데이터를 요청.

인증 데이터 응답

④ MySQL DB는 해당 요청에 맞는 사용자 정보와 인증 데이터를 서버로 전달. 10

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

프로젝트 개요

시스템 동작 흐름

사용자의 생체 정보를 인식하여 인증을 수행하고, 인증 결과에 따라 도어락을 제어하며 출입 기록을 서버에 저장하는 스마트 보안 시스템



라즈베리파이에 명령 전달

서버는 인증 결과(성공/실패)를 Raspberry Pi 5로 전송하여 도어락 제어를 준비.

상태 피드백

Raspberry Pi는 처리 상태(예: QR 검증 결과, 얼굴 인식 성공 여부 등)를 서버에 전달해 기록 및 로그 관리.

도어락 제어

Raspberry Pi는 인증 결과가 성공이면 도어락 모터를 제어하여 열림/닫힘 동작 수행.

카메라 모듈 데이터 처리

카메라 모듈은 얼굴, 손바닥, 모션, QR 코드 이미지를 Raspberry Pi로 전달해 실시간 인증 수행.

02. 사례 분석 및 IoT 설계

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

기존 사례 분석 - 손바닥 인식

제안방법론

모바일 환경에서 RGB 카메라만을 사용하여 손의 형상(geometry)을 기반으로 사용자를 인식하는 비접촉 생체인증 시스템을 제안

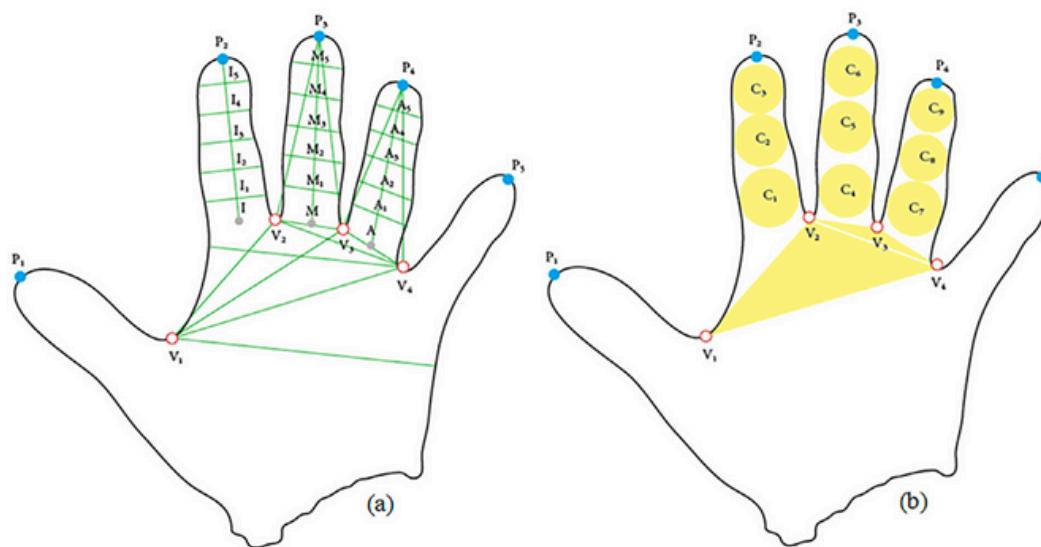


Fig. 2. The measures over the hand shape. (a) The reference points P_i and V_i from which lengths are computed, and further segments determined over the fingers and the palm. (b) Triangular and circular areas extracted from the reference points in (a)

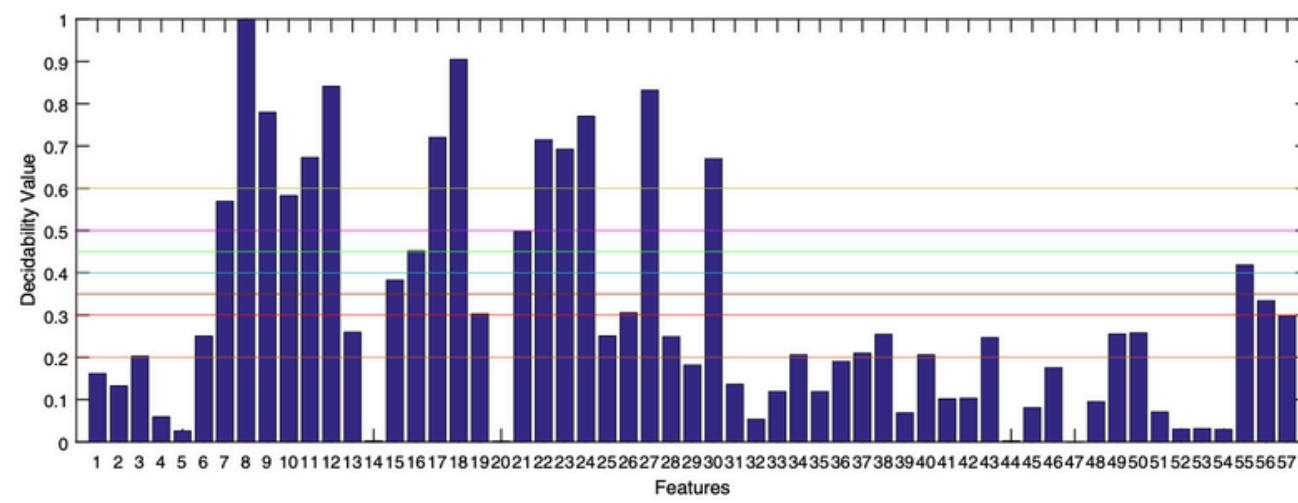


Fig. 3. The barplot of the normalised Decidability value per single feature computed according to the formula in (2).

실험결과

Subset F₅ (Intra/Inter-class 기반): 28개 feature로 EER 0.52% 달성

Table 2

The results in terms of EER (Equal Error Rate) for each feature set, namely Length, Area, Angle and Ratio, whose components are described in Table 1. The ED column shows the results in [7] computed by the Euclidean Distance. The remaining columns stand respectively for BaggedTrees, Fine KNN, Linear Discriminant Analysis, SubSpaceDiscriminant, SubSpace KNN and Weighted KNN. In bold the best classifier for each class of measures. Underlined the best result for each classifier.

Measures	Feat. Set	ED	BT	KNN	LDA	SSD	SKNN	WKNN
Lengths	f_1, \dots, f_{30}	7.2%	1.3%	2.1%	0.64%	0.7%	0.8%	1.6%
Areas	f_{41}, \dots, f_{51}	10.6%	4.7%	12.7%	3.8%	4.0%	5.2%	3.3%
Angles	f_{52}, \dots, f_{57}	13.1%	10.8%	22.5%	7.9%	7.3%	19.9%	8.5%
Ratios	f_{31}, \dots, f_{40}	18.7%	10.1%	20.2%	3.8%	5.1%	13.3%	10.5%

Table 3

The results in terms of Recognition Rate obtained by the classifiers over the canonical sets of features. In bold the best classifier for each class of measures

Measures	ED	BT	KNN	LDA	SSD	SKNN	WKNN
Lengths	85%	88%	97%	98%	98%	91%	93%
Areas	50%	67%	73%	79%	80%	70%	81%
Angles	40%	46%	52%	63%	65%	25%	52%
Ratios	42%	62%	62%	81%	76%	35%	60%

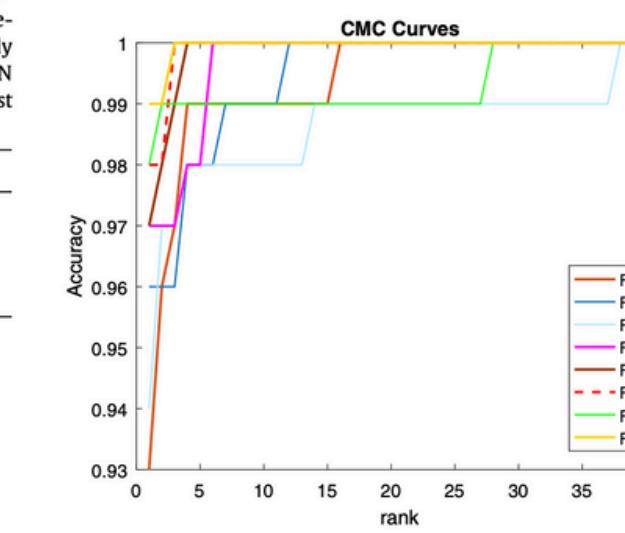
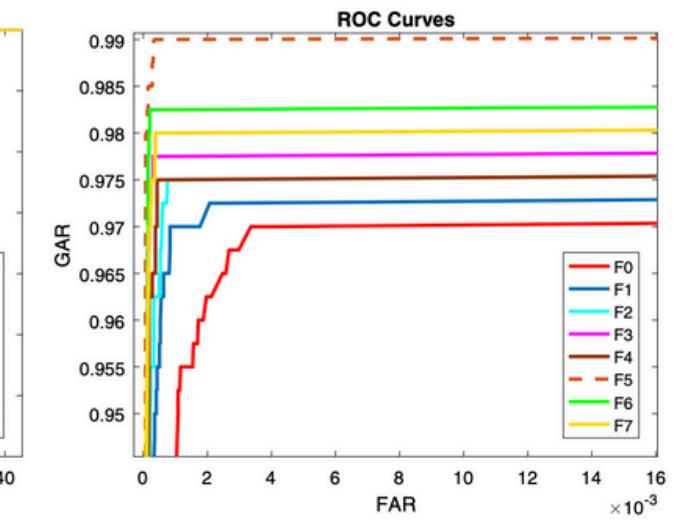


Fig. 6. The level of performance achieved with the subsets in Table 5 when using Intra/Inter-class variability ratio for dimensionality reduction of the input and the LDA classifier on the obtained feature subsets.

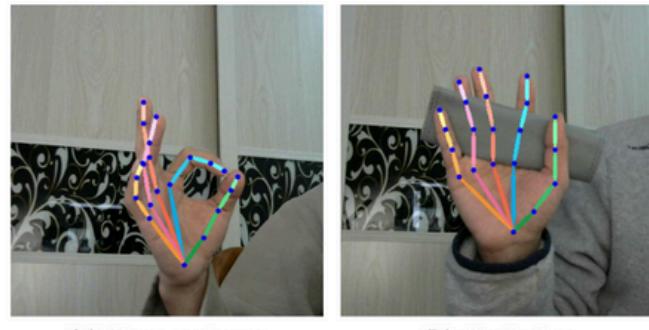


다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

기존 사례 분석 - 모션 인식

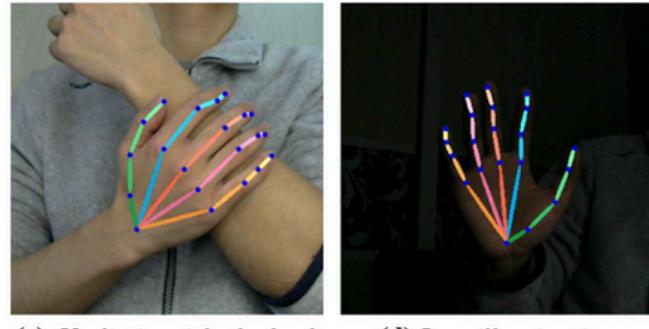
제안방법론

MediaPipe 핸드 트래킹 시스템의 스무딩 알고리즘 적용에 따른 노이즈 감소 검증



(a) Pose variance

(b) Occlusion



(c) Undistinguished background

(d) Low illumination

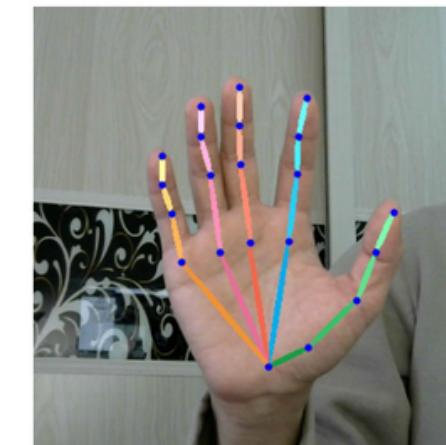


Fig. 1 The hand keypoints

Fig. 4 Examples of some challenging situations

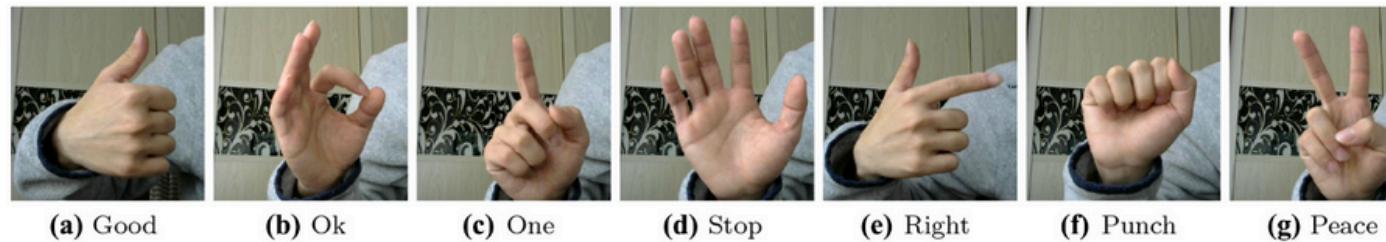


Fig. 5 Gestures in our dataset

실험결과

좌우 움직임 노이즈 감소율 약 12.34%, 앞뒤 움직임 감소율 약 23.42%

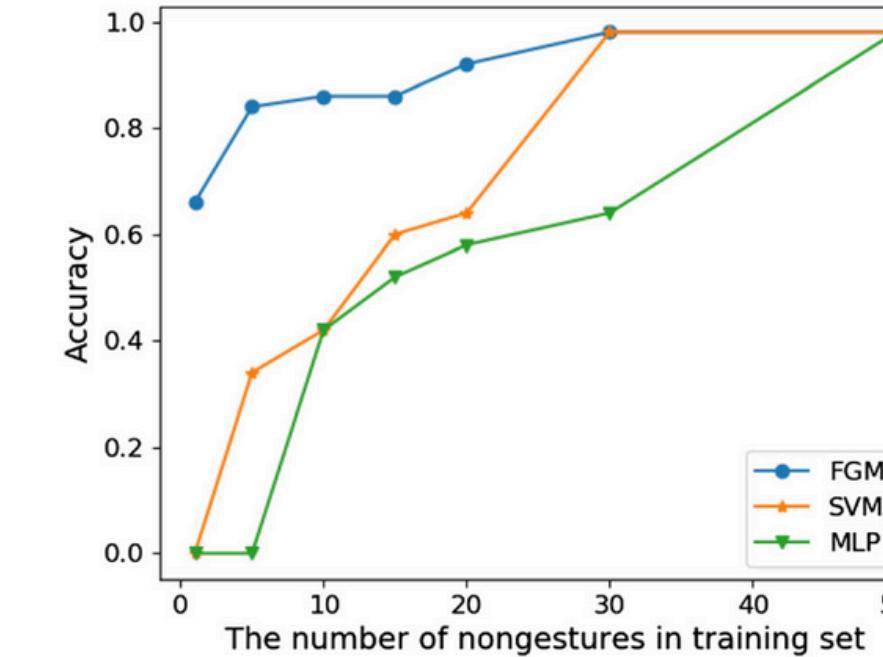


Fig. 6 Comparison results for different classifiers on training set with limited numbers of nongestures

Table 1 Results on the dataset

Gesture	Accuracy (%)		
	SVM	MLP	FGMM
Good	97.5	100	100
Ok	100	100	100
One	100	100	100
Stop	100	100	95
Right	95	100	97.5
Punch	100	100	100
Peace	97.5	100	100
Nongesture	65	47.5	95
Total	91.11	88.33	98.06

Bold value indicates the better performance of the proposed method

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

기존 사례 분석 - 얼굴 인식

제안방법론

Raspberry Pi 환경에서 Haar-Cascade와 HOG + Linear SVM을 적용한 실시간 얼굴 검출 시스템을 제안

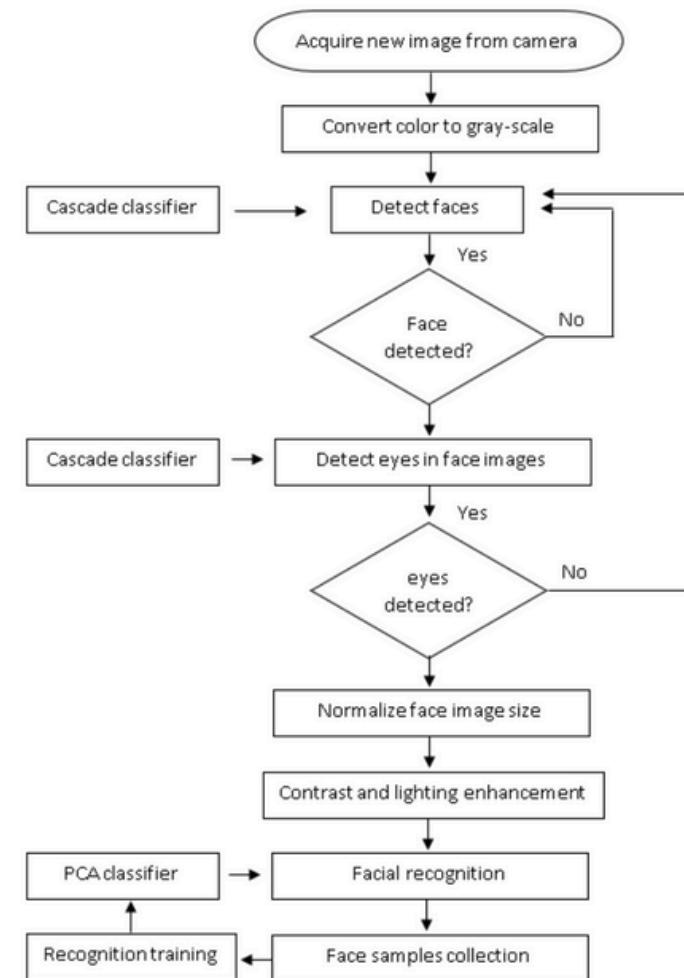


Fig. 1. Real-time face detection and recognition flowchart

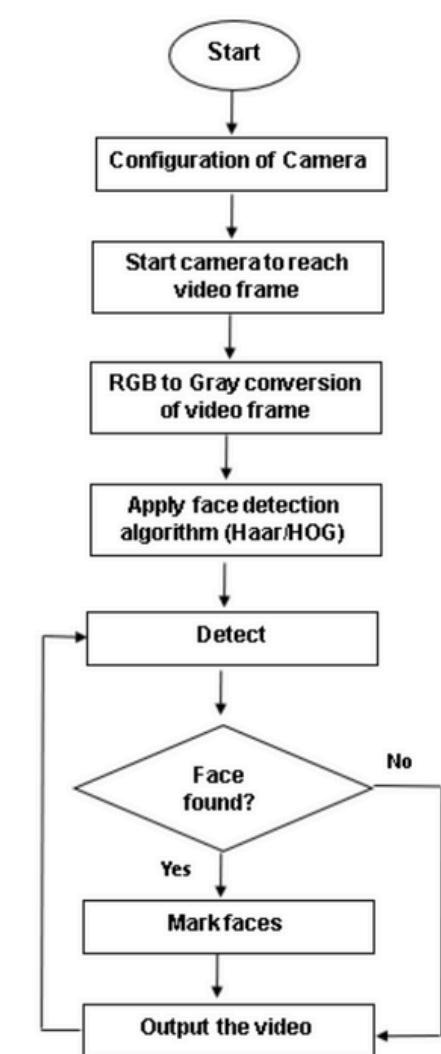


Fig. 6. The flow chart of system

실험결과

거리, 조도, 얼굴 가림, 다인 인식 등에서 실험하고 HOG 정확도 95% 달성

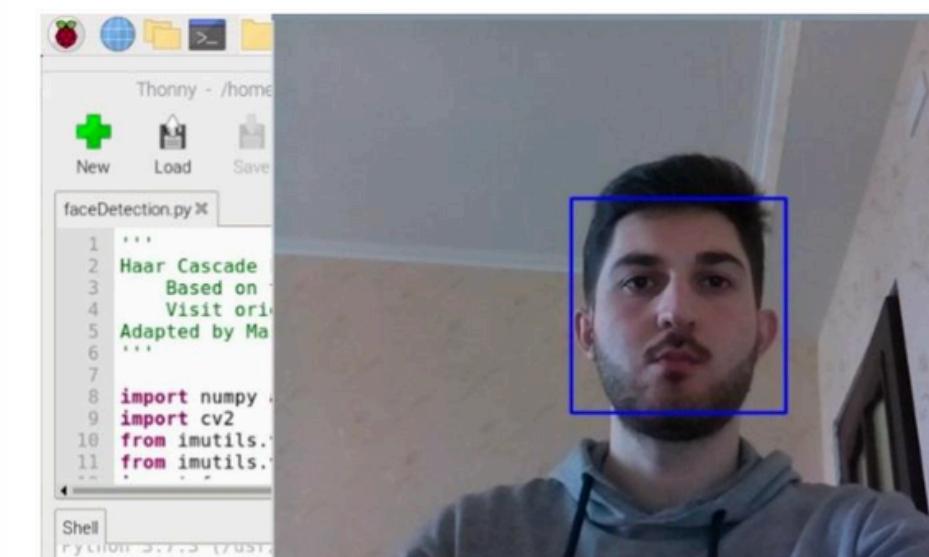


Fig. 9. Detected result of Haar face detector

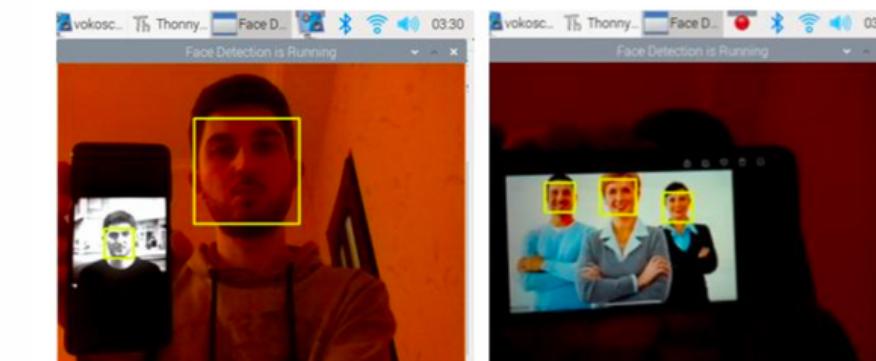


Fig. 18. Detection of multiple faces in HOG face detector

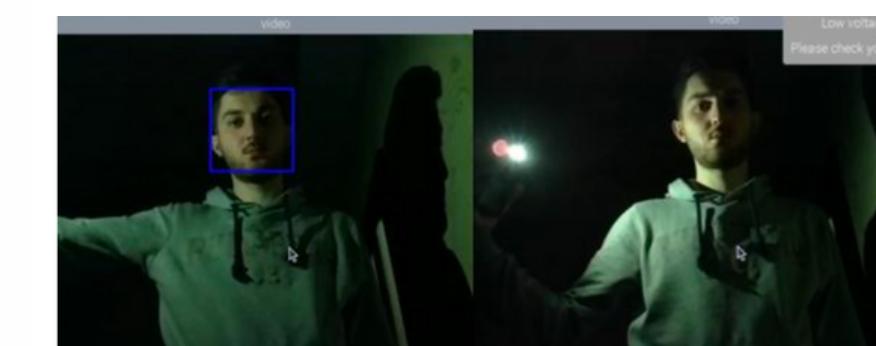


Fig. 12. Haar face detection in low light condition

전체 서비스 시나리오

1) 출입 요청 단계

사용자가 현관 앞에 도착 → Raspberry Pi의 카메라 모듈로 들어오는 얼굴 / 손바닥 데이터 검출

2) 1차 인증 절차

- 검출된 데이터를 수집 (얼굴 이미지, 손바닥 특징점, 제스처 좌표 등)
- Raspberry Pi가 AI 모델(OpenCV, Mediapipe, Dlib) 등을 통해 실시간 비교 및 검증
- 검증 결과를 Google Cloud 서버에 전송
- 서버는 DB에 로그 기록 및 1차 인증 알림을 사용자 모바일로 전송

3) 2차 인증 절차

- 선택된 2차 인증에 따라 사용자가 QR 혹은 모션 인증 진행
- Raspberry Pi가
(예: 얼굴 + QR, 손바닥 + 모션)
 - 모든 조건을 만족하면 “인증 성공”,
 - 일부 조건 불일치 시 “인증 실패” 처리
 - 실패 3회 이상 시 로그 기록 자동 전송

4) 도어락 제어

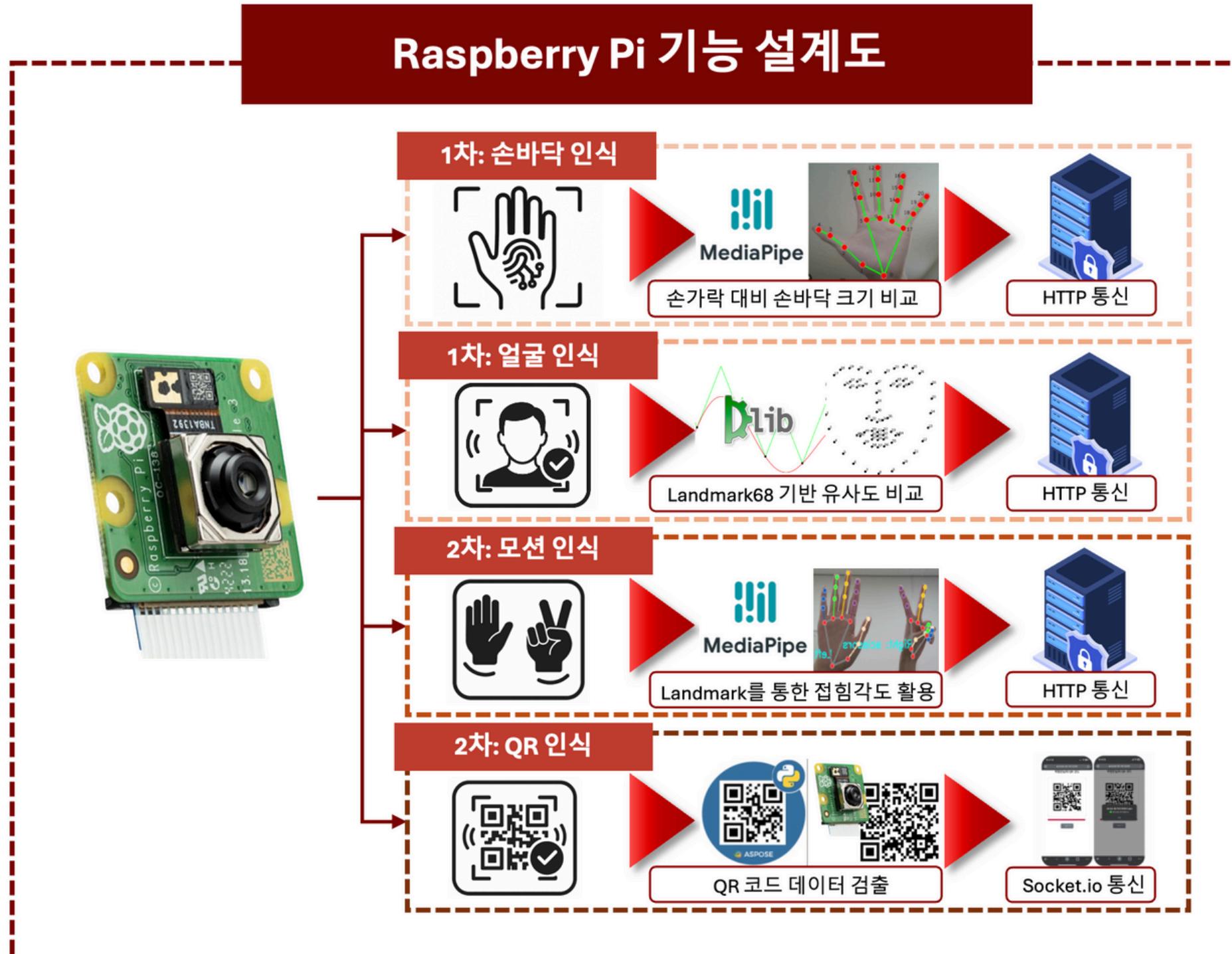
인증 성공 → Raspberry Pi가 서보모터를 제어하여 도어락 열림
인증 실패 → 도어락 닫힘 유지 + 서버에 로그 기록

5) 사용자 피드백 & 관리자 관리

- 사용자 → 웹앱에서 “출입 성공/실패 알림” 실시간 확인
관리자 → 웹 대시보드에서 출입 로그, 인증 실패 횟수, 실시간 상태 모니터링

Raspberry Pi (Client 측) 설계

- 1차 인증(손바닥/얼굴 인식)과 2차 인증(모션/QR 인식)으로 보안성 강화
- 각 기능은 MediaPipe, Dlib, OpenCV 등 라이브러리와 HTTP/Socket 통신을 통해 서버와 연동



1차 인증 수단

1. 손바닥 인식

- MediaPipe 활용 → 손가락 대비 손바닥 크기 비교
- 인식 결과를 HTTP 통신으로 서버 전송

2. 얼굴 인식

- Dlib Landmark68 기반 얼굴 특징 추출 및 유사도 비교
- 인식 결과를 HTTP 통신으로 서버 전송

2차 인증 수단

1. 모션 인식

- MediaPipe 활용 → 손동작(주먹/가위 등) 인식
- Landmark 기반 접힘각도 분석
- 결과를 HTTP 통신으로 서버 전송

2. QR 인식

- QR 코드 데이터 검출 및 검증
- Socket.io를 통한 서버/모바일 간 실시간 통신

Web App (Server 측) 설계

User Interface

1. HTML (템플릿)
 - login.html, register.html 등
2. CSS (스타일)
 - UI 레이아웃, 버튼, 입력창 스타일링
3. JavaScript
 - 동작 동작, 버튼 이벤트 처리,
4. Socket.IO Client JS
 - 실시간 인증 결과 표시



Cloud Server

1. Google Cloud Platform
 - Virtual Machine Instance(Ubuntu)
 - 네트워킹 : Raspberry PI - Flask Web - Database
 - MySQL 데이터베이스 구축

Flask Web

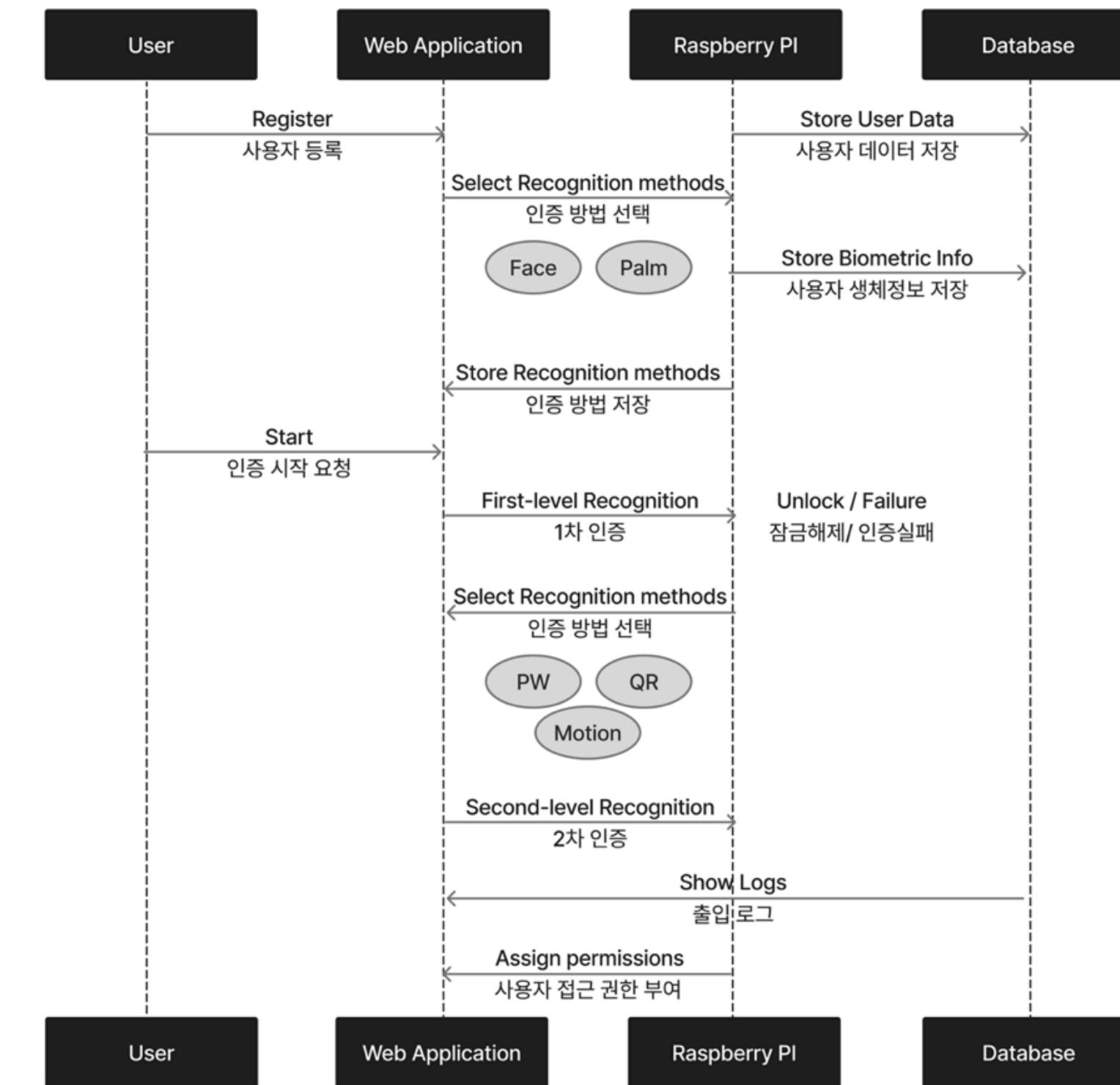
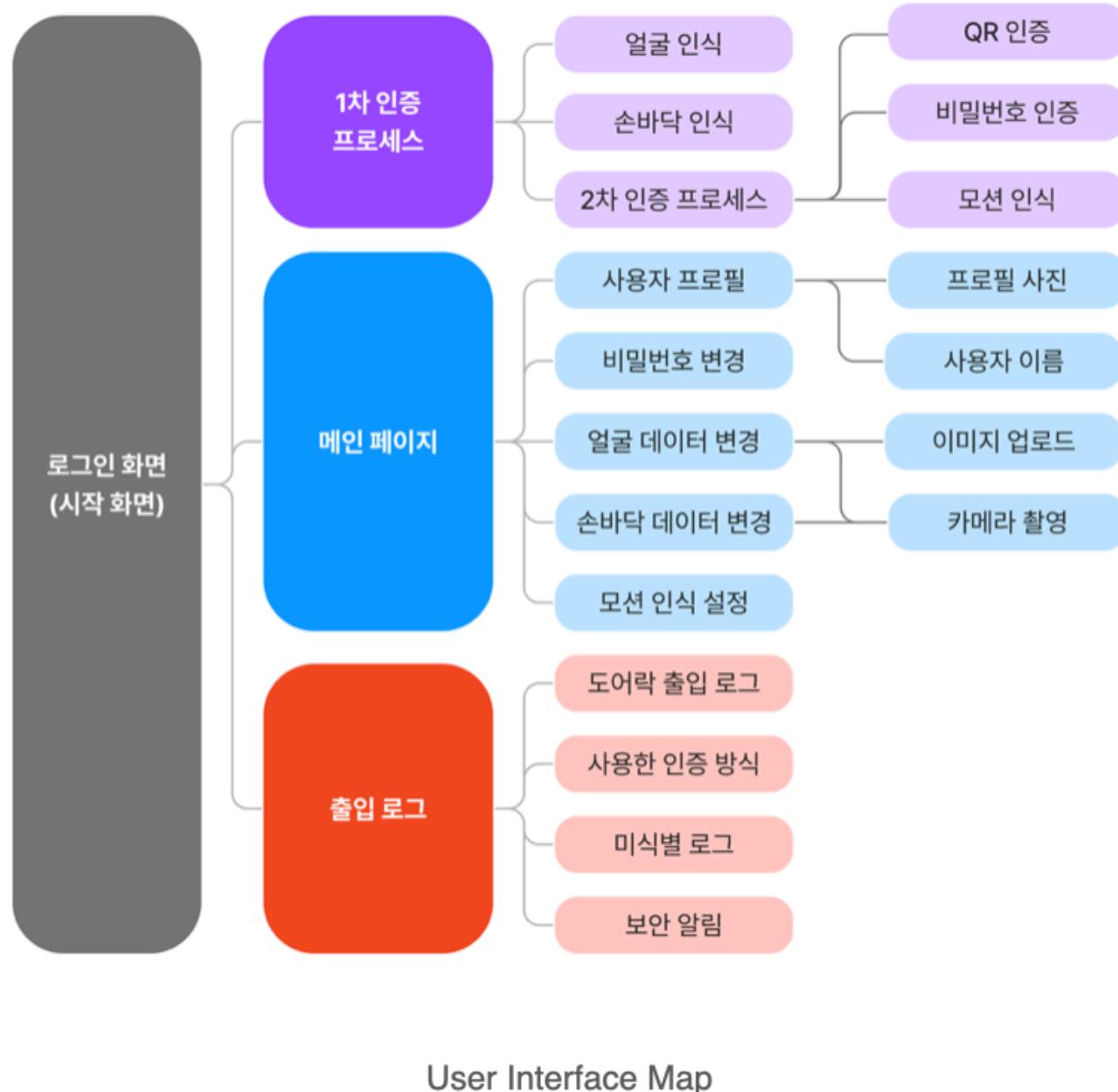
1. Flask
 - 핵심 웹 프레임워크
 - 라우팅(/login, /register) 등
 - 세션 관리(로그인 세션 유지)
2. qrcode
 - QR 코드 이미지 생성 (/generate_qr)
 - QR 코드 검증 로직
3. WebSocket
 - 사용자 등록 데이터 client 측으로 전송

Database

1. MySQL 저장 데이터 종류
 - 사용자 계정 정보 (아이디, 비밀번호 해시, 연락처, 이메일)
 - 도어락 연동 정보 (doorid, 등록된 인증 데이터 경로)
 - 인증 로그 (userid, 인증 방식, 결과, 시간 기록)
 - 생체 이미지 경로 (얼굴, 손바닥 이미지 파일 경로 저장)

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

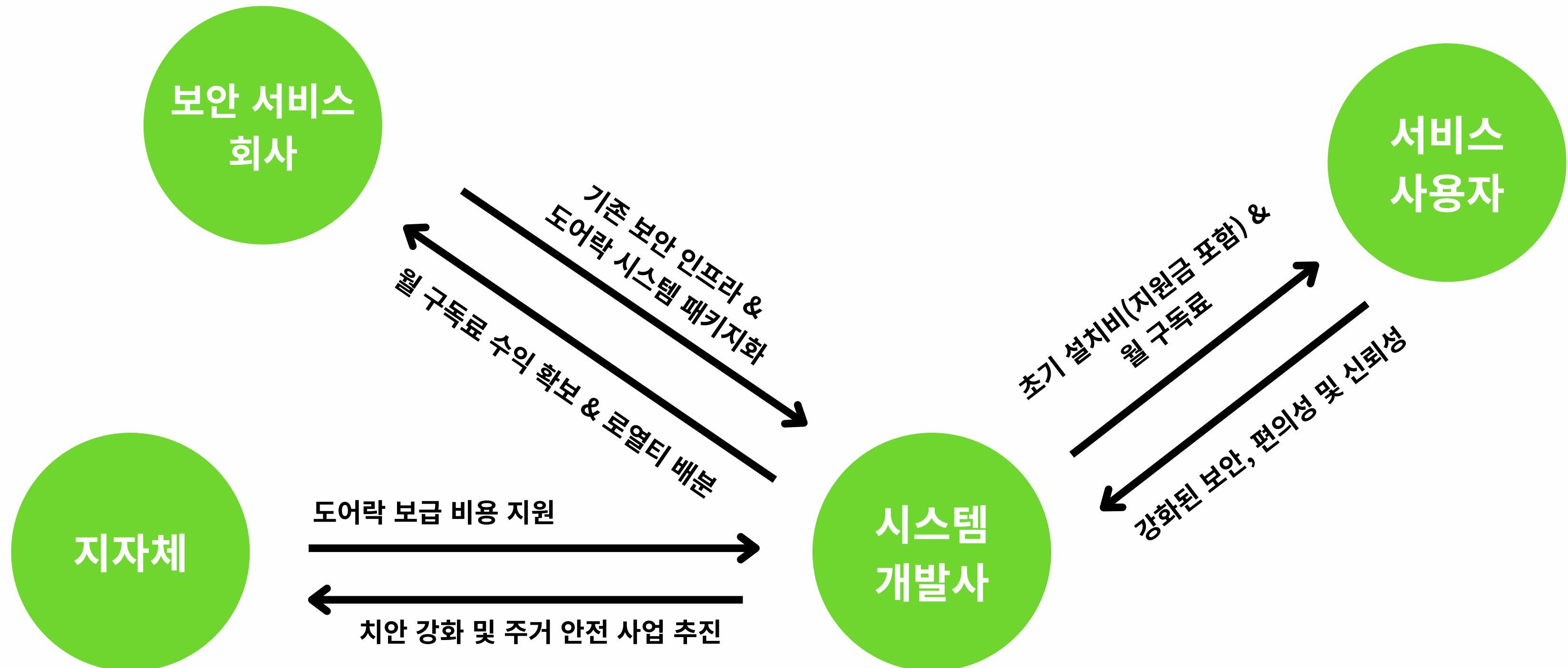
시스템 구성도



다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

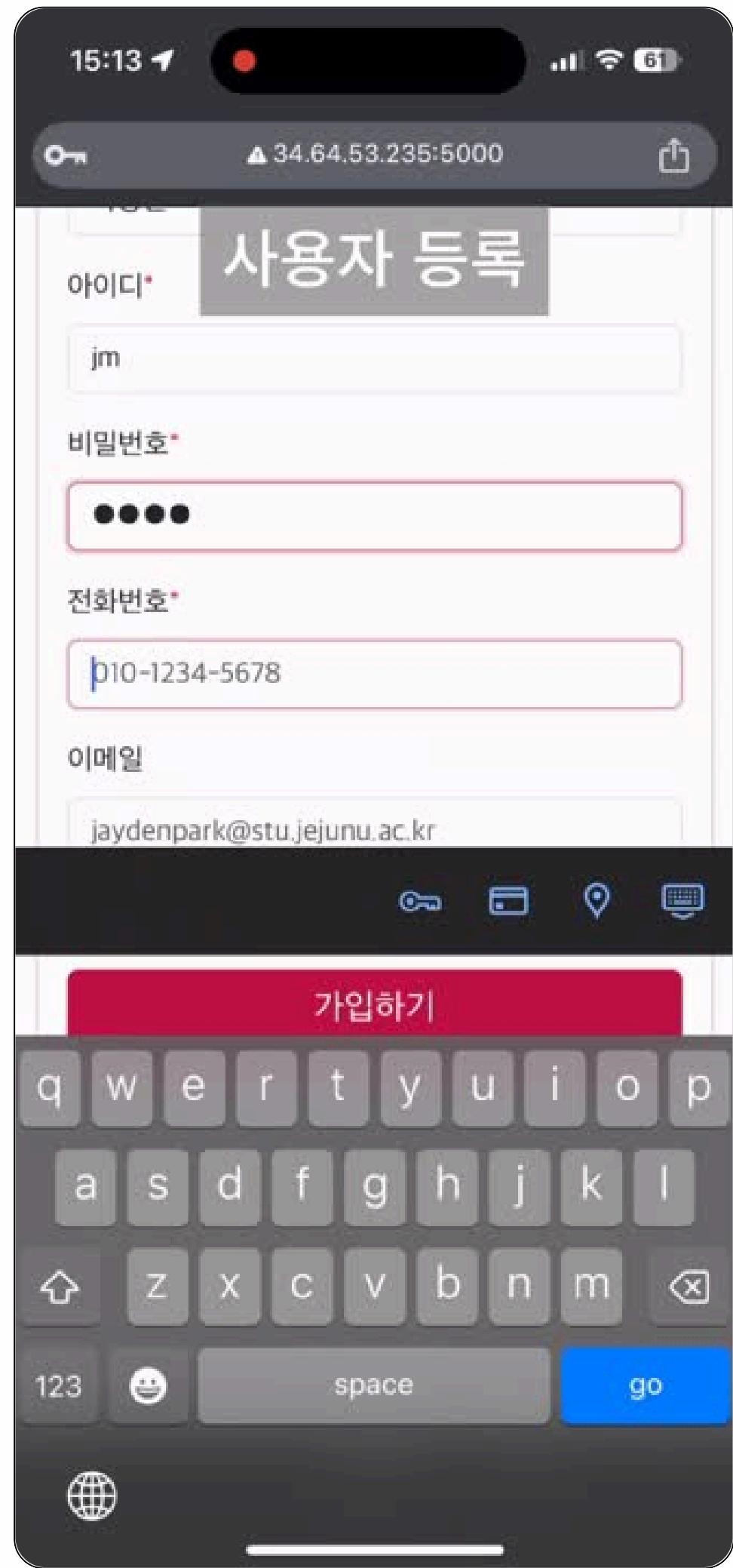
비즈니스 모델

** 보안 서비스 회사: ADT 캡스, KT 텔레캅 등



03. 시연 및 구현 결과

시연 및 검증 결과



04. 성과 및 핵심 기여

다중인증 스마트 도어락 시스템 개발 기술적 성과 및 핵심 기여

실시간	저비용
IoT 제어	프로토타입
보안성	사용자
강화	로그관리
AI 기반	확장
다중 인증 (MFA)	가능성



▣ 개별 팀원의 전문성 기여

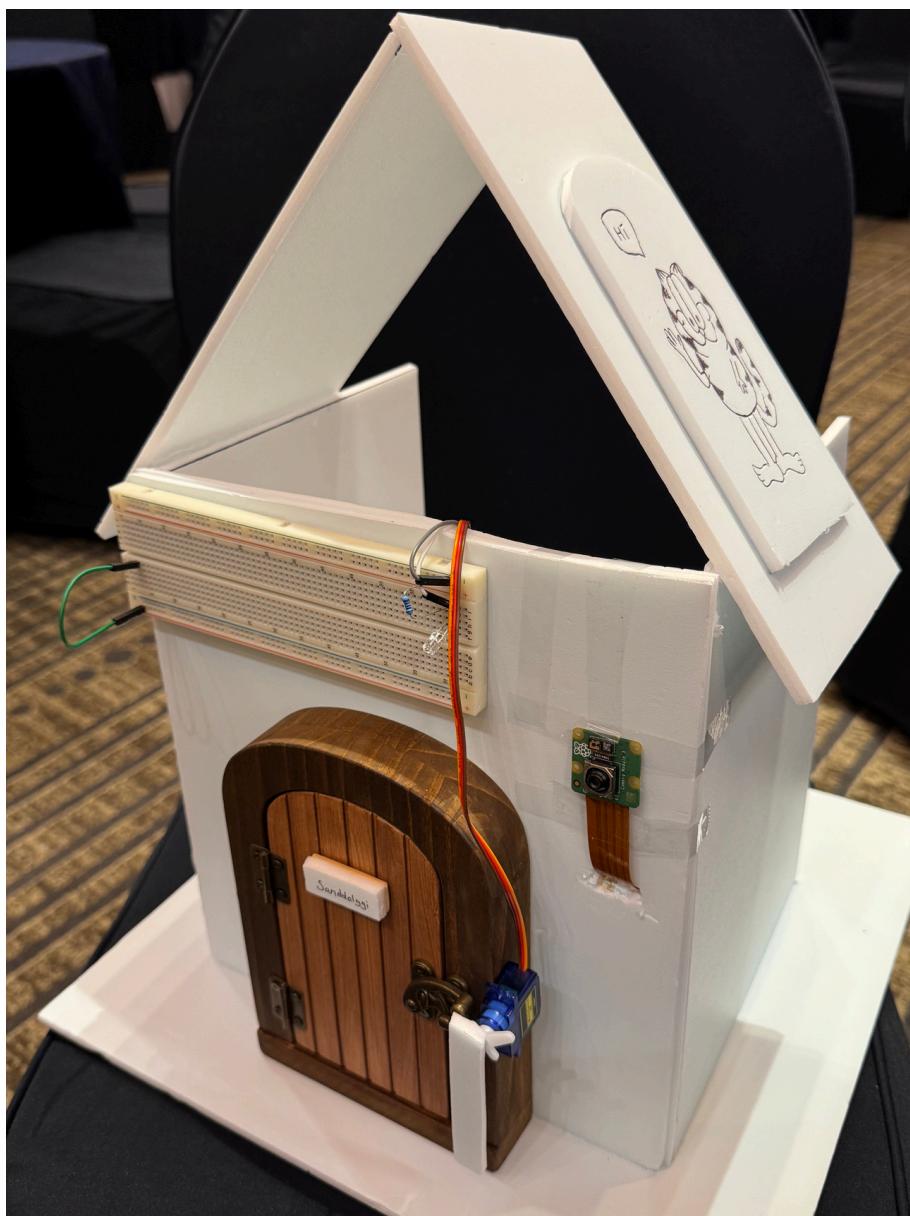
- 얼굴 인식, 손바닥 인식, 모션 인식 등 각 인증 모듈을 독립적으로 연구 및 개발하고 통합 아키텍처로 결합
- 서버·DB 연동 및 웹 기반 관리 시스템까지 연결해 엔드-투-엔드 보안 플랫폼 완성

▣ 확장 가능한 서비스 플랫폼

- API 기반 설계로 향후 모바일 앱, 클라우드 서비스, 기업용 SaaS 모델 확장이 용이함
- 다중 인증 기술을 출입 보안뿐 아니라 스마트 금융 및 스마트 오피스 인프라에도 적용할 수 있는 확장성 확보.

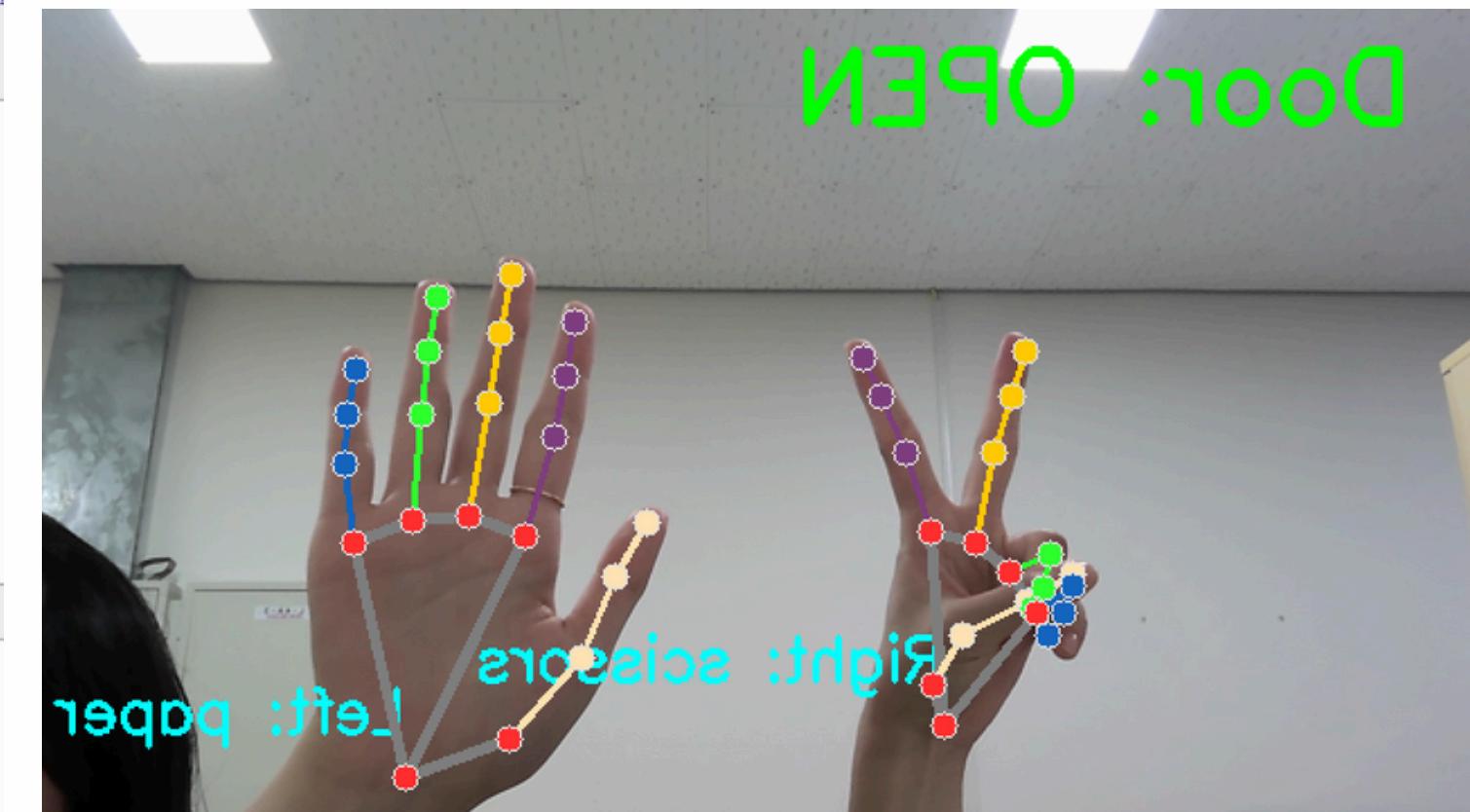
다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

기술적 성과 및 핵심 기여



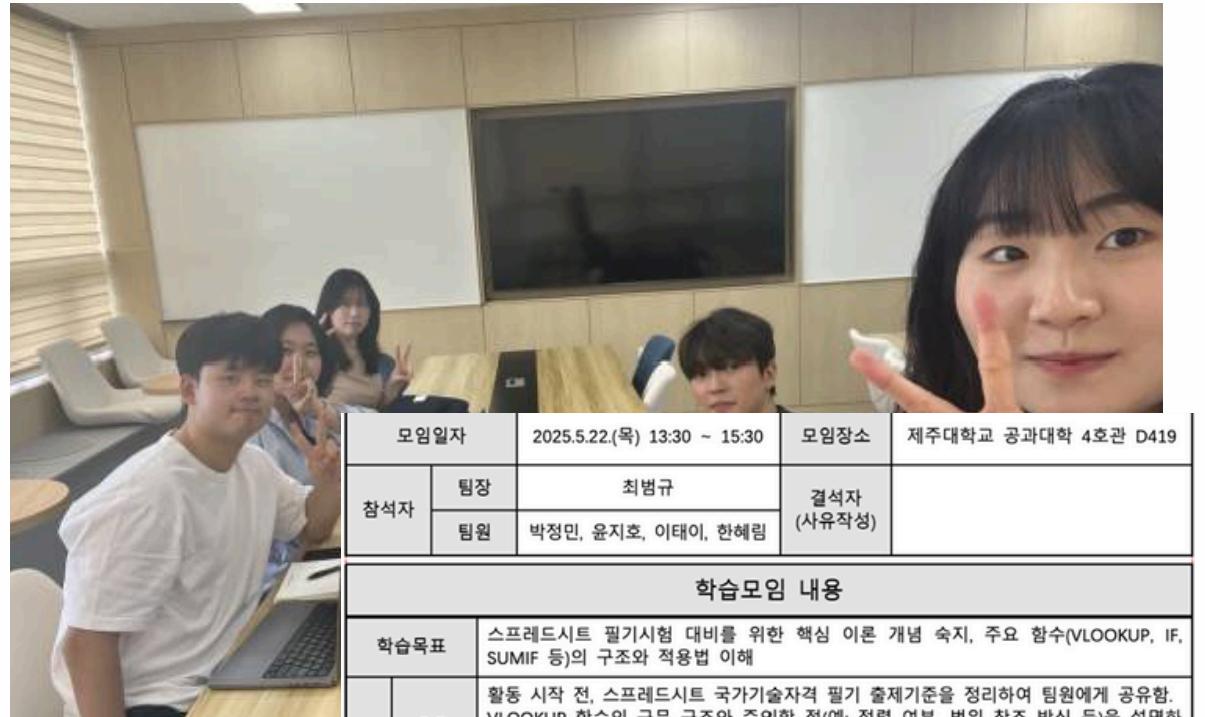
A screenshot of a Python IDE showing a script named `newnew1.py`. The code uses OpenCV's hand detection API. It displays a live video feed of a person's hands, with red dots marking the detected hand joints. A green text overlay says "OPEN!!!!!!".

```
cv2.putText(frame_bgr, status_text, (10, 30),  
           cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, text_color, 2)  
  
v2.putText(frame_bgr, "OPEN!!!!!!", (10, 30),  
           cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, text_color, 2)  
  
mshow("Hand Detection", frame_bgr)  
2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):break  
rdInterrupt:  
    0x00 0x00"  
  
op()  
oyAllWindows()  
  
!!!  
!!!  
!!!  
!!!
```



다중인증 스마트 도어락 시스템 개발

학습 성과



모임일자	2025.5.22.(목) 13:30 ~ 15:30	모임장소	제주대학교 공과대학 4호관 D419
참석자	팀장 최범규	결석자 (사유작성)	
	팀원 박정민, 윤지호, 이태이, 한혜림		
학습모임 내용			
학습목표	스프레드시트 필기시험 대비를 위한 핵심 이론 개념 숙지, 주요 함수(VLOOKUP, IF, SUMIF 등)의 구조와 적용법 이해		
학 습 과 정 및 내 용	팀장 (최범규)	활동 시작 전, 스프레드시트 국가기술자격 필기 출제기준을 정리하여 팀원에게 공유함. VLOOKUP 함수의 구문 구조와 주의할 점(예: 정렬 여부, 범위 참조 방식 등)을 설명하고 실습 예제를 함께 진행함. 실습 후 팀원 개별 이해도를 확인하며 IF 함수와 SUMIF 함수의 차이점에 대해 그룹 토의 유도함.	
	팀원 (박정민)	SUMIF 함수의 조건부 합계 기능이 유용함을 인식하고, 실습 파일에 직접 입력하여 결과값 도출 과정을 검토함. 셀 서식 관련하여 날짜, 숫자, 사용자 지정 서식 등 여러 유형을 비교 분석하고 메모 작성함. 함수 오류(#N/A, #VALUE! 등) 발생 시 대처법에 대해 학습하고 예시별로 원인과 해결법을 정리함.	
	팀원 (윤지호)	조건부 서식의 다양한 조건 입력법을 실습하면서 '수식 사용'을 통한 고급 설정 방법도 실험해봄. IF 함수 안에 AND, OR를 중첩하여 사용하는 복합 조건 작성법에 대해 다른 팀원들과 예제 비교함. 학습 내용을 실무 문서로 확장해 적용해보고 싶은 의지를 공유하며 다음 활동에서 다루고 싶은 주제를 제안함.	
	팀원 (이태이)	평소 실무에서 IF 함수만 사용했으나, 이번 학습을 통해 VLOOKUP 함수의 참조 원리를 명확히 이해함. 조건부 서식을 활용한 '지정 조건일 경우 셀 색상 자동 변경' 기능을 실제 사례(출석 체크 시트)에 적용해봄. 팀원들과 함께 조건이 중첩되는 경우(AND/OR 포함) 처리 방식에 대해 의견을 교환함.	
	팀원 (한혜림)	평소 실무에서 IF 함수만 사용했으나, 이번 학습을 통해 VLOOKUP 함수의 참조 원리를 명확히 이해함. 조건부 서식을 활용한 '지정 조건일 경우 셀 색상 자동 변경' 기능을 실제 사례(출석 체크 시트)에 적용해봄. 팀원들과 함께 조건이 중첩되는 경우(AND/OR 포함) 처리 방식에 대해 의견을 교환함.	
그룹 운영 기록사항	Google Drive를 통해 각자의 실습파일 및 요약노트를 공유하며 피드백을 상시로 교환함. 팀장은 매 회차별 학습주제 요약 정리 및 퀴즈를 만들어 다음 활동 시작 시 복습할 예정임. 팀원들이 적극적으로 참여하여 실무 경험과 학습이론을 연계해 상호 보완하는 분위기 조성됨.		
활동 사진		활동 사진	

< 매주 보고서 작성 >

Author	Message	Date
uncledrew-sr	Update README.md	57e03cf - 4 days ago
	Revert "done"	3 weeks ago
	edit venv	4 months ago
	done	2 weeks ago
	done	2 weeks ago
	main.html update	2 weeks ago
	venv 생성	2 months ago
	slide add	2 months ago
	setting dotnet	5 months ago
	Update README.md	4 days ago
	Merge pull request #48 from Sanddalgi/qr	2 months ago
	initial commit	5 months ago
	main.html update	2 weeks ago
	initial commit	5 months ago
	add db table	2 months ago
	add db table	2 months ago
	venv	5 months ago
	port mod	2 months ago
	main.html update	2 weeks ago
	done	3 months ago

< GitHub 협업 >

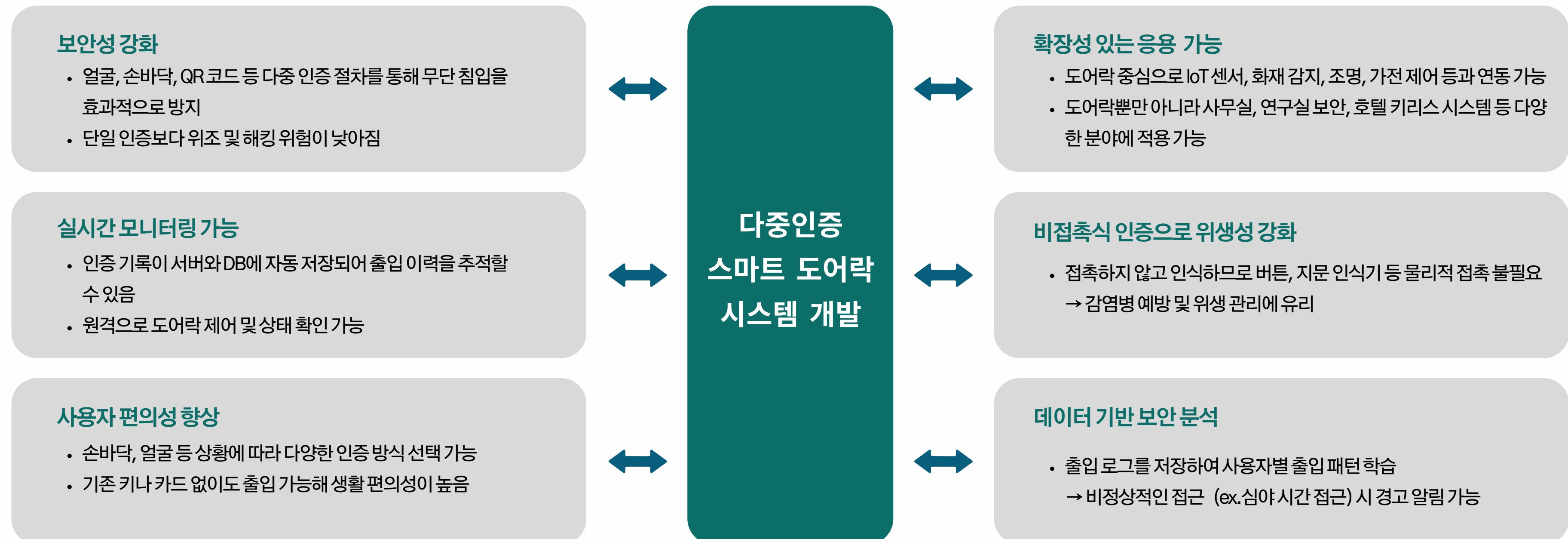


< 기업 대표 피드백 >

05. 결론

개인 맞춤형 출입 보안 강화를 위한 다중 사용자 인식 기술(MFA)

기대 효과



개인 맞춤형 출입 보안 강화를 위한 다중 사용자 인식 기술(MFA)

활용성



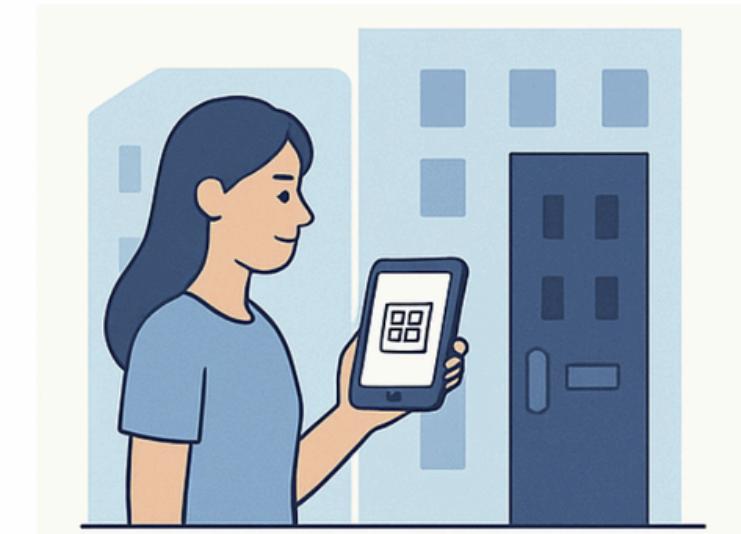
가정용 스마트 홈 출입 시스템



공공 기관 및 사무실 출입
통제 시스템



중요 시설용 고도 보안 출입
관리 시스템



아파트 단지 및 기숙사 출입
관리 시스템

>>> 다양한 환경에서 안전하고 효율적인 출입 통제를 제공하는 통합 보안 솔루션

개인 맞춤형 출입 보안 강화를 위한 다중 사용자 인식 기술(MFA)

향후 보완 계획

[보안성 강화]

얼굴 인식에 딥러닝 기반 위조 방지(Liveness Detection, 예: 사진/영상 구별)
기능 추가
손바닥 인식 정확도 향상을 위해 딥러닝 기반 분류 모델 도입

[하드웨어 개선]

카메라 화질 업그레이드 → 저조도 환경에서도 인식 가능
저전력 모드 적용 → 배터리 절약 및 장시간 구동 가능
서보모터 안정성 개선 (잠금 해제 시 더 빠르고 안정적인 동작)

[편의성 개선]

스마트폰 앱 연동 → 원격 도어락 제어 / 방문자 알림 기능
음성 안내 기능 추가 (인증 성공/실패 시 피드백 제공)
IoT 플랫폼(Google Cloud IoT Core, Firebase 등)과 연동하여 실시간 관리

[확장성]

다중 사용자 계정 관리 (가족별 접근 권한 차등)
출입 로그 시각화 및 분석 기능 (DB → 웹 대시보드 연동)
다른 센서(온도, 연기 감지 등)와 통합 → 스마트홈 보안 허브로 발전

최종 목표

“IoT 기반 스마트 도어락을 개발해 개인화된 안전과 편리함 제공”

감사합니다

Team Sanddalaggi