

Overwatch:

AI/센서 융합 스마트 화재 대응 시스템

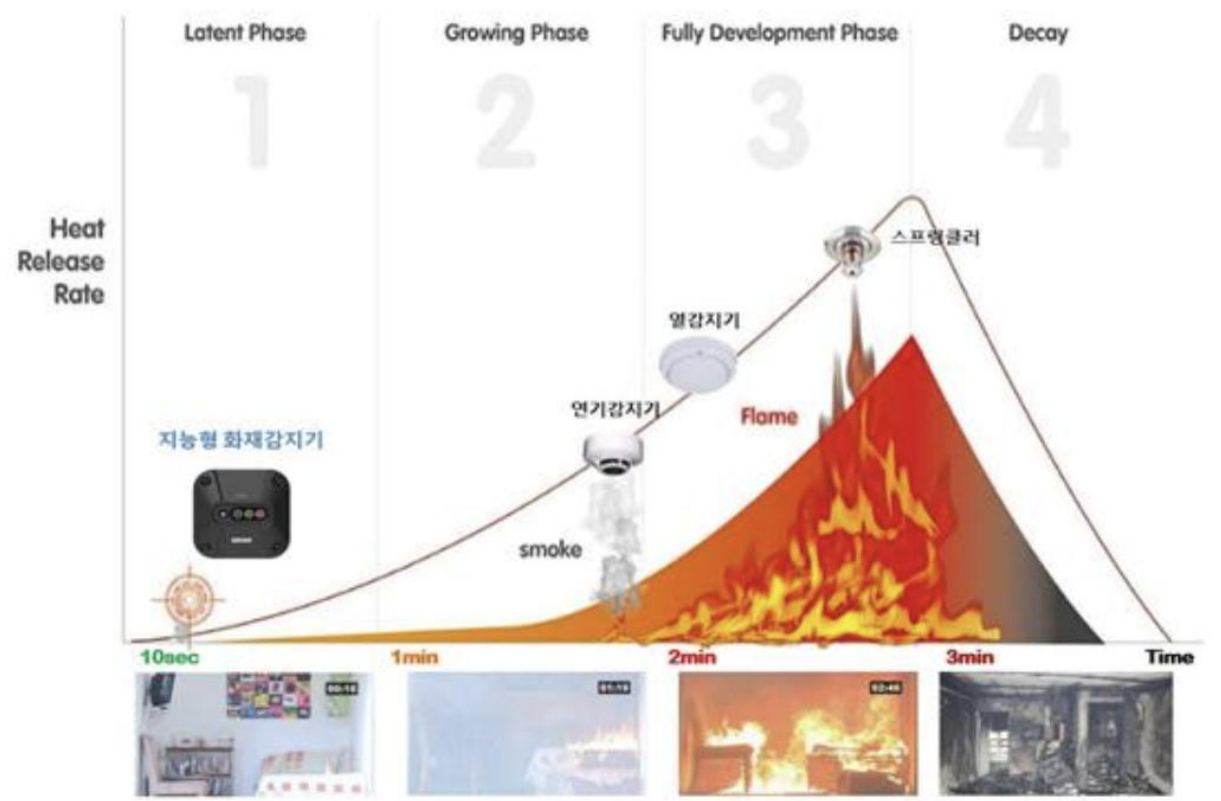
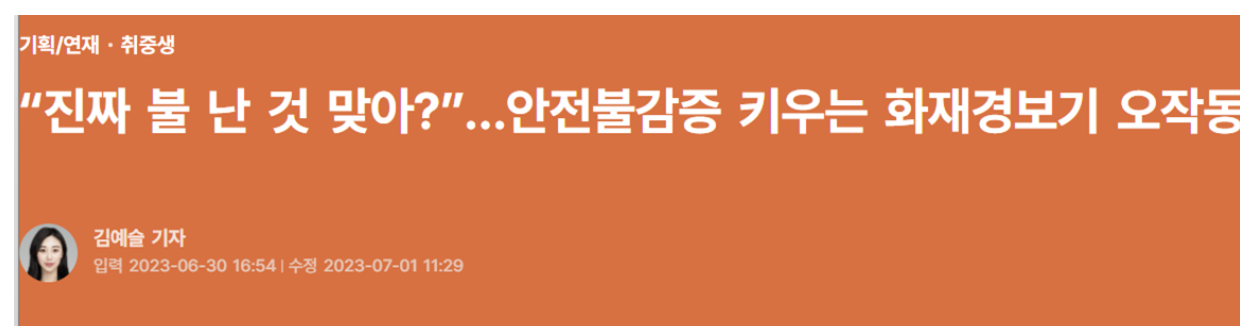
2025-2
AJOU
SOFTCON

팀 명 전생기 지도교수 김승운 교수님

팀 원 민경원, 안재현, 이동건

개발동기 및 목적

[9명 숨진 인천 세일전자 화재]꺼놓은 화재감지기 작동안된 스프링클러 '火 키운 人災'



화재감지기 종류별 화재 인지 시점 비교(KRISS, 참고자료)

- 사람들이 경보를 무시하거나(안전불감증), 심지어 감지기를 꺼두는 사례까지 발생해 기존 설비만으로는 초기 대응을 담보하기 어렵다.
- 원천관 3층 증류수 사고/폭발로 경보 작동 경험 → 비화재보 반복 시 '알람 피로' 위험 확인
- 기존 연기·열 감지기는 화재 확산 단계에서 반응

AI-센서 융합 스마트

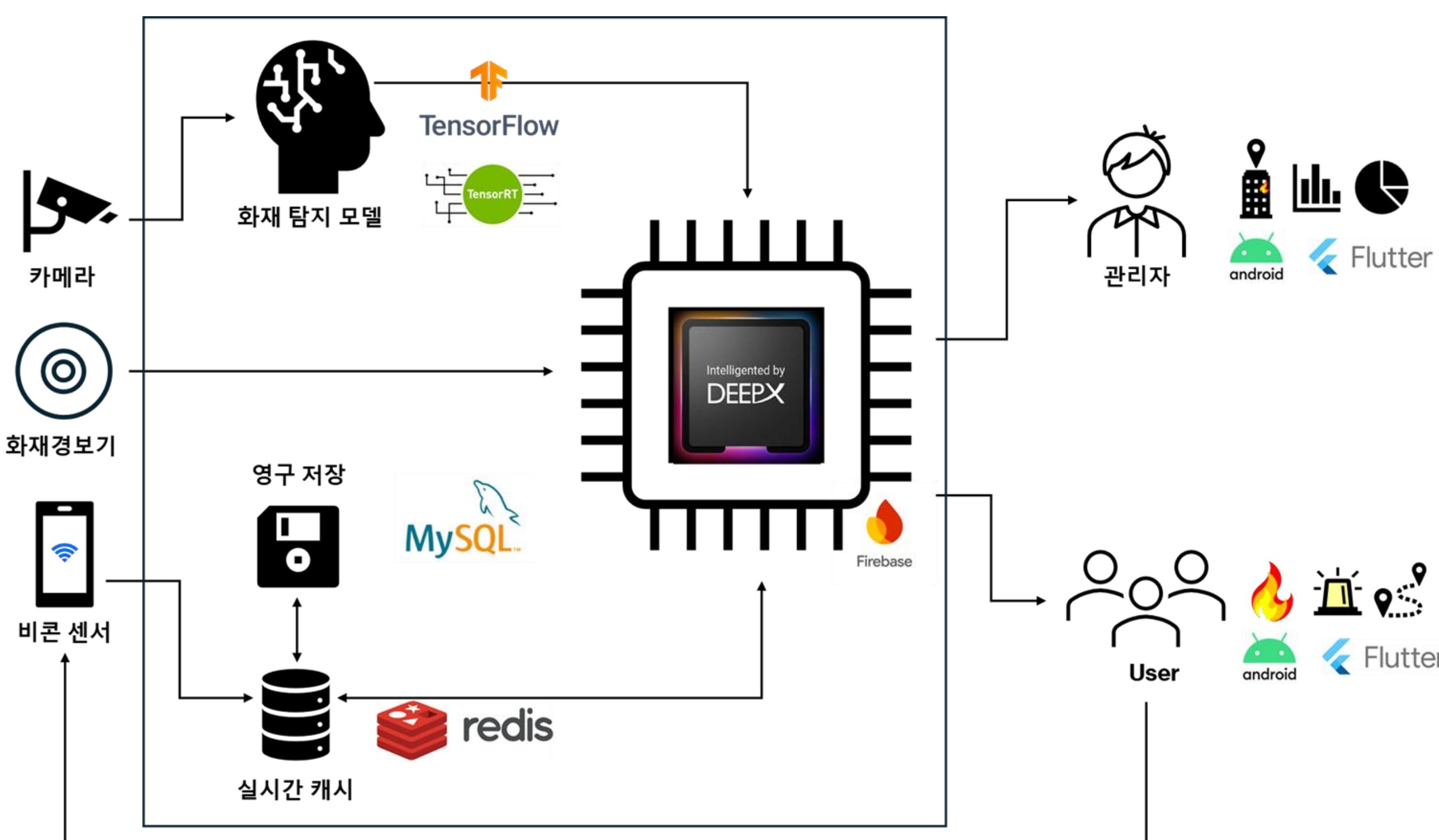
화재 감지 및 대피 안내 시스템 개발

초기 화재 조기 감지 및 검증
기존 연기·열 감지기보다 잠복/성장 단계에서 시로 조기 인지

A* 기반 실시간 최적 대피 경로
화재 위험도·혼잡도 반영해 최적 경로 제공

개발내용

시스템 아키텍처



화재 감지-검증

연기·열 센서와 CCTV 영상을 3단계 AI 필터로 교차 검증해 비화재보를 줄이고, 상황을 정상-의심-확정으로 판정한다.

상황별 알림·행동지침

판정 단계에 따라 현장 확인/즉시 대피를 구분하고, 단계별 알림 문구와 핵심 행동 지침을 앱 푸시로 제공한다.

실내 위치-군중 분포 시뮬레이션

BLE 비콘 기반 건물을 가정해 가상 사용자의 위치 변화와 혼잡도(군중 분포)를 시간에 따라 시뮬레이션했다.

A* 기반 대피 경로 탐색

화재 위치, 출구, 혼잡도, 이동거리를 반영한 비용 함수로 A*를 적용해 개인별 최적 경로를 계산하고 경로 분산 및 재라우팅 효과를 분석했다.

데이터 로깅 및 대시보드 연동

화재 판정과 위치·대피 상태를 로컬 서버에 기록하고, 관리자 대시보드에서 증별 인원과 진행률을 시각화한다.

사용자 앱·관리자 UI 프로토타입

Flutter로 화재 알림, 경로 안내, 대피 응답 UI를 구현하고, 관리자/소방관 화면에서 증별 분포와 대피 현황을 모니터링한다.

기대효과

- 🔥 화재 경보 신뢰도 향상 및 안전 불감증 해소
- 🔥 골든타임 확보 및 인명 피해 최소화
- 🔥 기존 인프라 활용을 통한 비용 효율성
- 🔥 지속 진화형 안전 체계 구축

주요기술

3계층 분산 아키텍처

Edge Tier (DeepX NPU)

- CCTV 영상을 현장에서 직접 추론해 지연을 최소화하고, 네트워크 장애 시에도 로컬 Fallback을 유지.

Core Tier (Server)

- Edge에서 온 AI 이벤트·센서 데이터를 융합하고 A* 경로 계산, 혼잡도 분석 등 핵심 연산을 수행.

Service Tier (Flutter App)

- 서버 결과(경로·대피 경로·혼잡도)를 사용자·관리자 UI로 실시간 안내.

Edge NPU 기반 실시간 화재 인식 (DeepX NPU)

- DeepX NPU에서 YOLO 모델이 불꽃의 형태·색상 분포·연기 확산·Flickering 등 복합적 시각 특징을 실시간 추출한다.
- 모든 추론을 엣지 단에서 수행해 서버 지연 없이 즉각적인 초기 경보를 제공한다.



3단계 지능형 필터

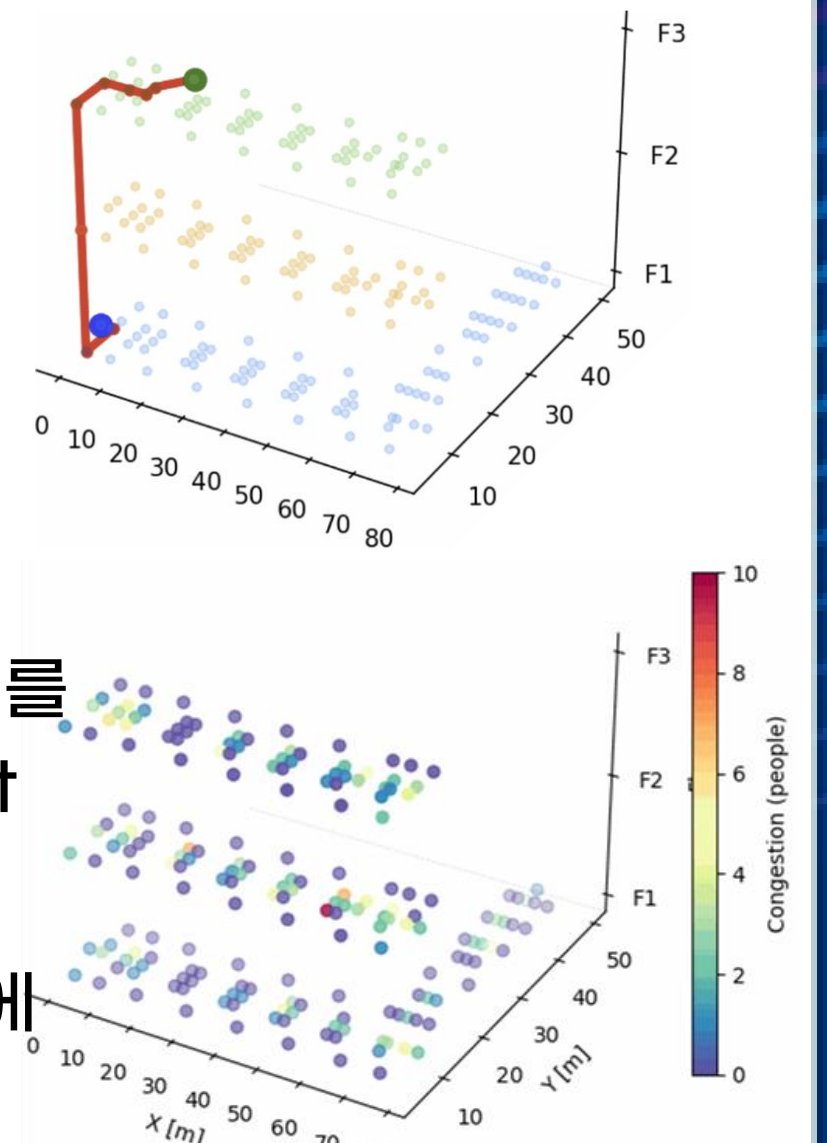
- 조명 변화·렌즈 플레어·먼지 등 비화재보를 제거하는 Pre-Filter, YOLO 기반 고감도 탐지.
- 크기·지속시간을 검증하는 Post-Filter의 3단 구조로 false alarm을 단계적으로 최소화한다.

A* 기반 대피 경로 탐색

- 건물 도면을 방·문·복도·계단 출구 노드/엣지 그래프로 모델링
- 거리, 화재 위험도, BLE 기반 혼잡도를 포함한 동적 비용 함수로 경로 계산

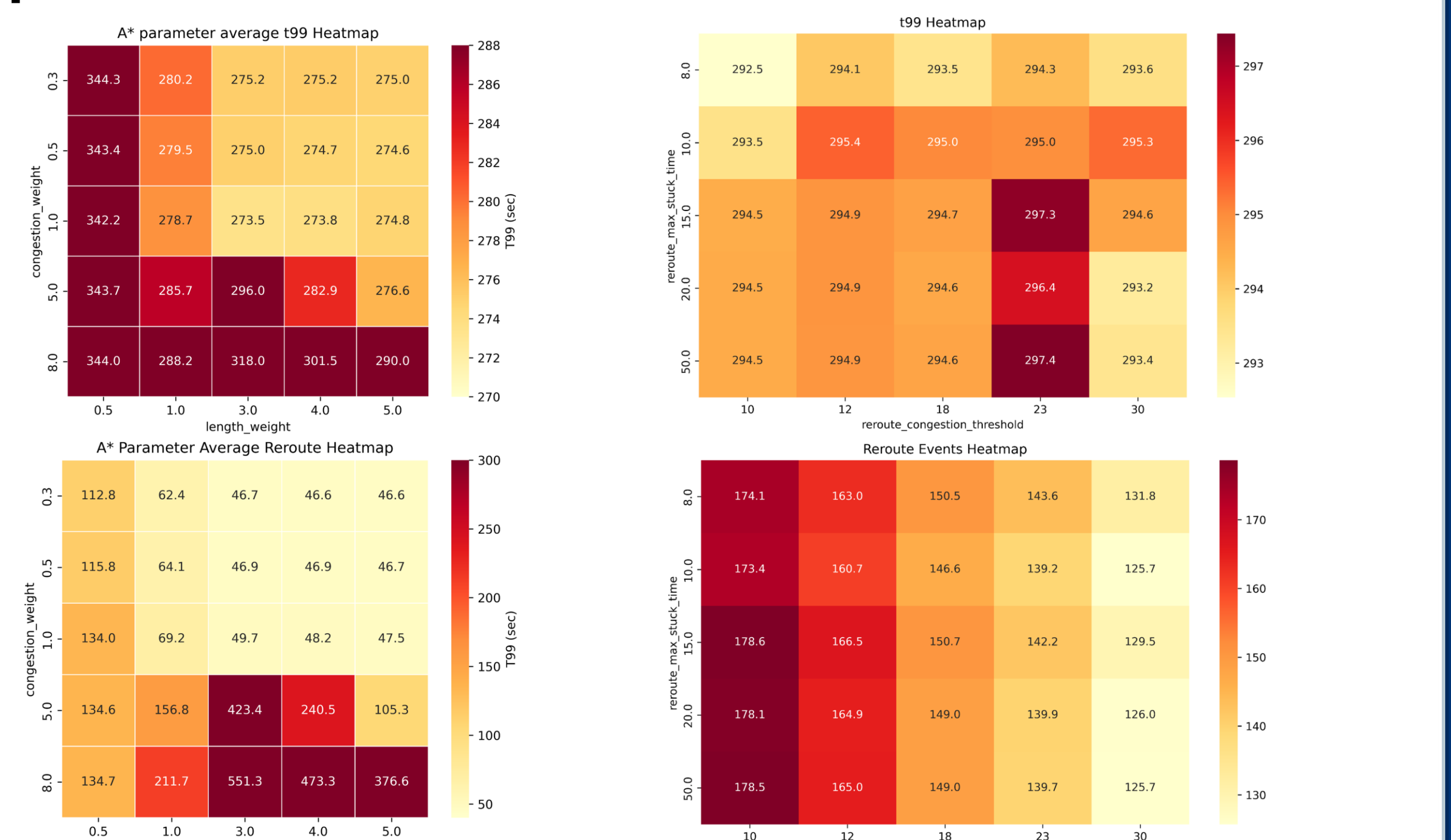
Agent-Based 대피 동역학·최적화 시뮬레이션

- 실제 대피 환경의 행동·혼잡 데이터를 수집하기 어려운 한계를 극복하기 위해, 다수의 인원 분포와 상황 시나리오를 agent 기반으로 생성
- 생성된 군중 흐름과 혼잡도를 A* 경로 비용 및 재탐색 조건에 반영하여 일반화된 대피 최적화 모델 구성



결과 및 분석

A* parameter 최적화



- 거리·혼잡 가중치 조합 중 length 3.0~4.0 / congestion 1.0에서 +99 최소
- 혼잡 가중치가 높아지면 경로 진동이 증가하고 +99 악화
- reroute threshold↑ → reroute 이벤트 감소 → 경로 안정성 향상
- stuck_time 20-50초 구간이 안정성과 반응성의 최적 균형

동적 최적 경로 안내



Flutter 대피 안내 UI 사용자별 대피 경로를 사용자/관리자 화면에 실시간 시각화

오픈소스 URL

<https://github.com/EMB-Labs/overwatch>

