

# Hệ thống phát hiện và cảnh báo té ngã thời gian thực tích hợp cảm biến, xử lý ảnh và định vị

Trần Đức Hảo

Ngày 16 tháng 9 năm 2025

# Hệ thống phát hiện và cảnh báo té ngã thời gian thực tích hợp cảm biến, xử lý ảnh và định vị

Trần Đức Hảo

Ngày 16 tháng 9 năm 2025

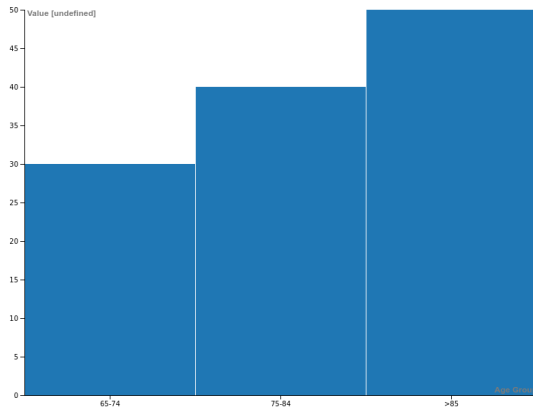
**Tác giả:** Trần Đức Hảo  
**Người hướng dẫn:** PSG.TS Hà Hoàng Kha

Khoa: Khoa Điện – Điện tử  
Trường: Trường Đại học BK.HCM

Ngày 16 tháng 9 năm 2025

# Té ngã: Mối đe dọa toàn cầu

- Nguyên nhân chính gây chấn thương và tử vong không cố ý.
- **WHO**: ~ 646,000 ca tử vong/năm;  
> 80% ở các nước thu nhập trung bình/thấp.
- Người cao tuổi: **30%** té ngã/năm ở người > 65 tuổi, tăng lên **50%** ở người > 85 tuổi.



Hình: Tỷ lệ té ngã theo nhóm tuổi

# Tổng quan các phương pháp phát hiện té ngã

- **Dựa trên thị giác (Vision-based):** Sử dụng camera và thuật toán nhận diện tư thế người (MediaPipe, OpenPose).
- **Dựa trên cảm biến đeo (Wearable-based):** Dùng cảm biến quán tính (IMU, MPU6050) trên thiết bị.
- **Kết hợp đa phương thức (Multi-modal):** Tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn để tăng độ chính xác.

## Quốc tế

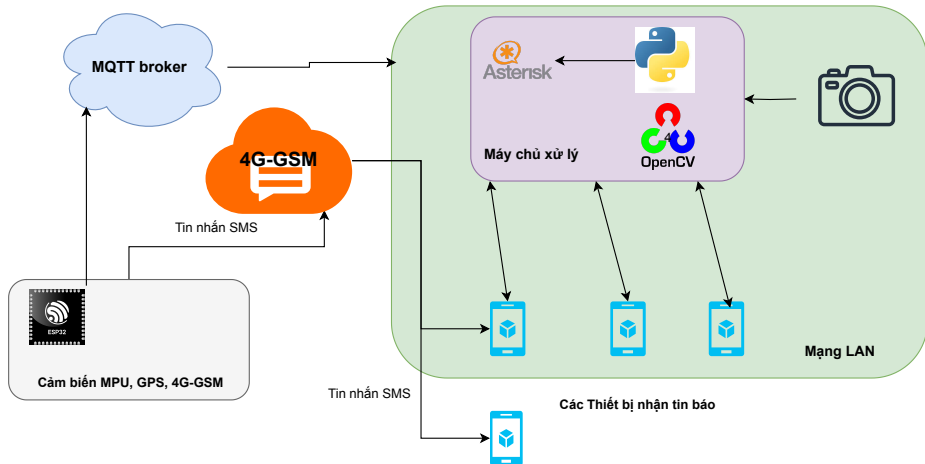
- **Xu hướng:** Sử dụng YOLO, Transformer, AI nhẹ, cảm biến mmWave.
- **Thành tựu:** Giảm false alarm, tối ưu cho thiết bị biên, Sensor Fusion.

## Trong nước

- **Thực trạng:** Chủ yếu mô hình thử nghiệm (PoC) với ESP32, Arduino.
- **Hạn chế:** Thiếu dữ liệu lớn, độ chính xác thấp (75-85%), thiếu tích hợp đa phương thức.

- Xây dựng hệ thống **giám sát và cảnh báo té ngã** thông minh, **chi phí thấp**.
- Phát hiện **thời gian thực** (real-time) bằng cách kết hợp dữ liệu cảm biến và hình ảnh.
- Thiết kế kiến trúc phân lớp, **ổn định** và **dễ mở rộng**.

# Kiến trúc hệ thống tổng thể

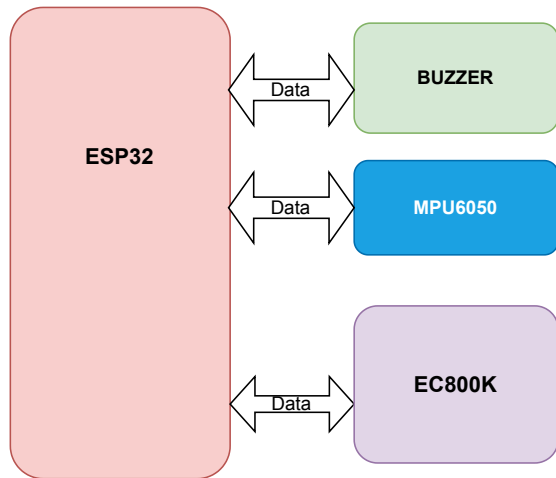


Hình: Sơ đồ hệ thống tổng thể



# Hệ thống nhúng (ESP32)

- **Phần cứng:** ESP32, MPU6050, GPS EC800K.
- **Nguyên lý:** Phát hiện té ngã dựa trên ngưỡng động học.
- **Giao tiếp:** Gửi cảnh báo qua **MQTT và SMS**.
- **Ưu điểm:** Thiết bị độc lập, tiết kiệm năng lượng, dễ mở rộng.



Hình: Sơ đồ nhúng ESP32 & truyền thông



## Mục tiêu Hiệu năng

- Tổng độ trễ  $< 5$  giây.
- Độ chính xác  $> 90\%$ , False Alarm  $< 8\%$ .
- Uptime dịch vụ MQTT  $> 99\%$ .

## Giới hạn nghiên cứu

- Hoạt động trong nhà với điều kiện ánh sáng và mạng ổn định.
- Nguyên mẫu **ESP32** chưa tích hợp học sâu toàn phần.
- Không phát triển app di động/web phức tạp.

# Tổng quan các phương pháp phát hiện té ngã

Phương pháp	Cơ chế	Ưu điểm	Nhược điểm
Đeo được	IMU (gia tốc kế, con quay hồi chuyển); phát hiện gia tốc/tư thế bất thường	Phản hồi nhanh; chính xác; chi phí thấp	Cần đeo liên tục; dễ false positive; pin/hiệu chuẩn
Môi trường	Cảm biến cố định: sàn áp suất, PIR, âm thanh; AI phân tích	Không xâm phạm; giám sát nhiều người; tích hợp smart home	Chi phí cao; phạm vi hạn chế; nhầm vật thể
Thị giác	Camera RGB/RGB-D/IR; pose estimation (OpenPose/MediaPipe)	Thông tin trực quan; không cần đeo; tích hợp giám sát	Quyền riêng tư; phụ thuộc ánh sáng; cần phần cứng mạnh
Đa phương thức	Kết hợp IMU + camera + môi trường; data fusion (Kalman/Deep Learning)	Độ chính xác cao; giảm cảnh báo sai; mở rộng phạm vi; kinh tế	Phức tạp; tốn năng lượng; đồng bộ khó

- Kết hợp dữ liệu để xác nhận té ngã, giảm false positive.
- Chế độ linh hoạt: In-situ (cục bộ) + Mobile (edge device).
- Bảo mật: xử lý cục bộ, chỉ gửi dữ liệu tối thiểu, tùy chỉnh khu vực nhạy cảm.

## Hệ thống phát hiện ngã với ba giao thức cốt lõi

- **SIP**: Truyền tải âm thanh/video cảnh báo thời gian thực
- **MQTT**: Vận chuyển dữ liệu cảm biến từ thiết bị IoT
- **JSON**: Định dạng cấu trúc dữ liệu trao đổi

### Mục tiêu

Xây dựng hệ thống cảnh báo không gián đoạn, độ trễ thấp từ cảm biến đến cuộc gọi VoIP

# Giao thức SIP - Khởi tạo Phiên

## Chức năng chính:

- Thiết lập cuộc gọi VoIP từ hệ thống cảnh báo
- Kết nối với Asterisk PBX để gọi điện thoại
- Truyền âm thanh cảnh báo qua RTP

## Các bước hoạt động:

- 1 REGISTER: Đăng ký thiết bị với server
- 2 INVITE: Khởi tạo cuộc gọi cảnh báo
- 3 ACK: Xác nhận kết nối thành công
- 4 RTP: Truyền dữ liệu âm thanh
- 5 BYE: Kết thúc cuộc gọi

## Lưu ý

Sử dụng ICE để xuyên NAT, TLS/SRTP để bảo mật

## Đặc điểm:

- Nhẹ, tiết kiệm băng thông cho thiết bị IoT
- Mô hình Publish/Subscribe qua Broker
- Hỗ trợ 3 mức QoS đảm bảo độ tin cậy

## Mức QoS:

- **QoS 0**: Gửi một lần (dữ liệu thường)
- **QoS 1**: Ít nhất một lần (có xác nhận)
- **QoS 2**: Đúng một lần (cảnh báo quan trọng)

**Ví dụ topic:** `sensor/room/temperature, alert/fall/detected`

## JSON - Định dạng dữ liệu:

- Nhẹ, dễ đọc, tương thích đa nền tảng
- Cấu hình thiết bị và trao đổi dữ liệu cảm biến
- Tối ưu payload cho MQTT

## Luồng tích hợp hoàn chỉnh:

- 1 ESP32 phát hiện ngã → tạo JSON payload
- 2 Gửi qua MQTT topic với QoS phù hợp
- 3 Ứng dụng trung gian nhận và xử lý JSON
- 4 Kích hoạt cuộc gọi SIP qua Asterisk AMI
- 5 Phát cảnh báo âm thanh đến điện thoại



# Kết Luận và Tối Ưu Hóa

## Lợi ích của việc kết hợp 3 giao thức:

- **MQTT**: Thu thập dữ liệu hiệu quả từ cảm biến
- **JSON**: Cấu trúc dữ liệu linh hoạt, dễ xử lý
- **SIP**: Cảnh báo âm thanh tức thì, đáng tin cậy

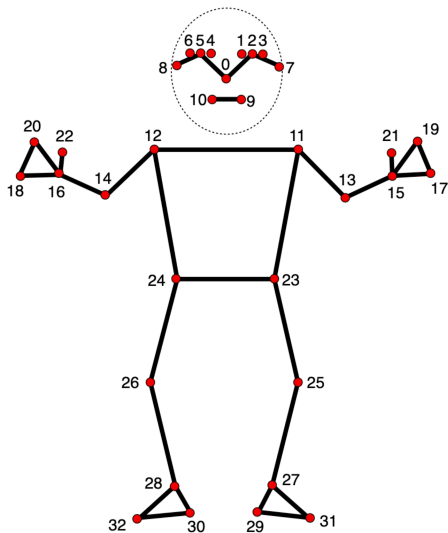
## Các biện pháp tối ưu:

- Payload JSON nhỏ gọn tiết kiệm năng lượng
- QoS MQTT phù hợp với mức độ quan trọng
- Tự động kết nối lại khi mất kết nối
- Bảo mật TLS cho MQTT và SIP

## Kết quả

Hệ thống cảnh báo tự động, tin cậy từ thiết bị nhúng đến cuộc gọi VoIP

# Hình ảnh An toàn



## Mô tả Chi tiết

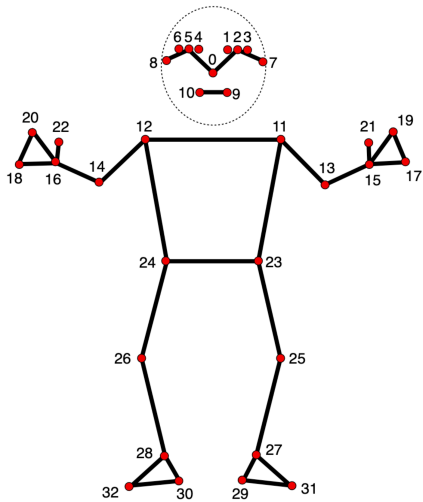
Sử dụng **MediaPipe** là giải pháp then chốt để có được các điểm mốc 3D chính xác.

## Tổng quan

Hệ thống tích hợp nhận diện tư thế (MediaPipe Pose) và phát hiện té ngã dựa trên đặc trưng động học/tư thế.

- Ứng dụng: Giám sát an toàn, phát hiện té ngã.
- Nền tảng: Thị giác máy tính thời gian thực.

# Nhận diện Tư thế Người



Keypoints cơ bản trong HPE (Human

## Khái niệm

Ước lượng vị trí khớp từ hình ảnh/video:

$$\mathcal{K} = \{k_i = (x_i, y_i, z_i, c_i)\}$$

## Phương pháp

- **Top-down:** Phát hiện người trước, keypoints sau (MediaPipe)
- **Bottom-up:** Keypoints trước, nhóm sau (OpenPose)

## Kiến trúc BlazePose

Tối ưu HPE 3D với:

- **Nodes:** Module xử lý.
- **Edges:** Luồng dữ liệu đồng bộ.

## Thành phần chính

- **Detection:** ROI từ RGB.
- **Landmark:** 33 keypoints 3D, Loss:  $\mathcal{L} = \sum \lambda_i \mathcal{L}_i$ .
- **Tracking:** Dự đoán ROI.

## Hậu xử lý

- One Euro Filter: Làm mịn nhiễu.
- Chuẩn hóa  $z$ : Dựa trên hông.

# Thuật toán Phát hiện Té ngã

## Đặc trưng Động học

- Vận tốc:  $\vec{v}_{\text{COM}} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$ .
- Gia tốc:  $a = \frac{\|\Delta \vec{v}\|}{\Delta t}$ .

## Đặc trưng Tư thế

- **AR:** Tăng khi nằm ngang.
- $\theta_{\text{body}}$ : Góc vai-hông.
- $\Delta h_{\text{head}}$ : Giảm chiều cao.

## Ba Giai đoạn Phát hiện

- 1 **Sớm:** Tốc độ/gia tốc COM cao.
- 2 **Xác nhận:** AR,  $\theta_{\text{body}}$  chỉ nằm ngang.
- 3 **Bất động:** Chuyển động  $< M_{th}$ .







# Tiêu đề Slide

Nội dung chính ở đây...