

任务的核心目标

1. **无接触生命体征监测**：利用 Wi-Fi 信号的变化检测人体运动和呼吸，而无需直接接触志愿者
2. **基于 CSI 的感知**：使用信道状态信息(CSI)，它能反映出无线信号在传输过程中的变化
3. **实现两个具体功能**：
 - 运动检测：识别人是否在移动（二分类问题）
 - 呼吸率估计：计算每分钟呼吸次数(BPM)

信息处理流程

1. **数据采集阶段**：
 - TX 板通过 ESP-NOW 协议广播数据包
 - 当志愿者在 TX 和 RX 之间呼吸或移动时，会导致无线信号发生微小变化
 - RX 板接收这些信号并提取 CSI 数据，CSI 数据包含了信号的幅度和相位信息
2. **数据处理阶段**：
 - **预处理**：对原始 CSI 数据进行滤波、去噪、标准化等处理
 - **特征提取**：从处理后的 CSI 数据中提取能反映呼吸和运动的特征
 - **算法应用**：
 - 运动检测：应用分类算法区分"静止"和"运动"两种状态
 - 呼吸率估计：使用频谱分析或其他信号处理技术计算呼吸频率
3. **数据传输阶段**：
 - RX 板通过标准 Wi-Fi 协议连接到互联网
 - 使用 MQTT 协议将以下数据之一发送到 PC：

- 原始 CSI 数据（由 PC 进行处理）
- 处理结果（如果在 RX 板上实现了算法）

4. 数据分析阶段：

- PC 接收 MQTT 消息
- 如果收到的是原始 CSI，PC 会运行算法处理数据
- 最终生成运动状态判断或呼吸率估计值

具体处理方法

1. 运动检测方法：

- 计算 CSI 信号的变化幅度或方差
- 设定阈值区分静止和运动状态
- 应用机器学习分类器提高准确性

2. 呼吸率估计方法：

- 对 CSI 数据应用带通滤波(通常 0.1-0.6Hz，对应 6-36 次/分钟的呼吸率)
- 使用 FFT(快速傅里叶变换)分析主频率
- 采用峰值检测或自相关方法计算周期
- 转换周期为每分钟呼吸次数(BPM)

3. 评估与优化：

- 使用提供的基准数据集验证算法性能
- 对于运动检测，评估准确率
- 对于呼吸率估计，计算平均绝对误差(MAE)
- 优化参数和算法以提高性能

实施方式选择

项目提供了两种实现方式：

1. **板载处理**：在 RX ESP32-C5 上直接实现算法，仅发送结果到 PC（计算资源受限但实时性好）
2. **PC 处理**：将原始 CSI 数据发送到 PC 进行处理（提供更强的计算能力，可实现更复杂的算法）

项目任务概述与评分准则

任务概述

这个项目要求完成五个主要任务：

1. 任务 1：CSI 数据收集（10 分）

- 在发射器(TX)和接收器(RX)之间成功发送和接收 CSI 数据

2. 任务 2：数据处理（50 分）

- 设计算法处理收集的 CSI 数据
- 2.1：运动检测（20 分）- 实现使用 CSI 数据检测运动的算法
- 2.2：呼吸估计（30 分）- 开发从 CSI 数据监测和检测呼吸率的算法

3. 任务 3：数据传输（20 分）

- 通过 MQTT 协议将数据从 RX 传输到 PC

4. 任务 4：数据可视化（10 分）

- 开发一个端到端系统可视化结果

5. 任务 5：报告撰写（10 分）

- 使用提供的模板撰写报告展示结果并解释算法设计

评分准则详解

任务 1：CSI 数据收集（10 分）

- **前提准备：** 确保所有必要工具链已安装（参考 Moodle 上的教程）
- **任务内容：** 构建并刷写固件到开发板，验证 TX 成功发送、RX 成功接收 CSI 数据
- **评分标准：**
 - 在报告中包含 TX 和 RX 成功构建和刷写过程的截图
 - csi_send 和 csi_recv 目录下的 build 文件夹必须存在且包含文件

任务 2.1：运动检测（20 分）

- **任务内容：**使用 CSI 数据实现运动检测，识别环境中的移动
- **预期输出：**布尔值（1 表示检测到运动，0 表示无运动）
- **评估指标：**准确率
- **评分标准：**
 - 提供运动检测算法
 - 在技术报告中包含算法实现和性能描述
 - 如选择实时或板载实现，必须提供功能演示视频（须包含所有学生 ID 卡以验证身份）

任务 2.2：呼吸率估计（30 分）

- **任务内容：**开发算法使用 CSI 数据估计和监测个体呼吸率
- **预期输出：**每分钟心跳数(BPM)的整数，四舍五入到最接近的整数
- **评估指标：**中位数平均绝对误差(MAE)
- **评分标准：**
 - 提供呼吸率估计算法
 - 在技术报告中包含算法实现和性能描述
 - 如选择实时或板载实现，必须提供功能演示视频（须包含所有学生 ID 卡）
 - 报告中每个呼吸率测试文件须包含显示呼吸率随时间变化的图表，以及每个文件的平均呼吸率(BPM)

任务 3：数据传输（20 分）

- **任务内容：**设置 MQTT 协议将数据从 ESP32-C5 传输到主机设备（如笔记本电脑）
- **评分标准：**
 - 成功通过 MQTT 传输估计的呼吸率和/或原始 CSI 数据
 - 在技术报告中包含展示 MQTT 消息流的截图或日志

- 如无法在板上实现算法，必须通过 MQTT 传输替代信息（如队友 UID 和 CSI 用于离线计算），这种方法将获得部分分数

任务 4：数据可视化（10 分）

- **任务内容：**开发端到端系统可视化结果，可以是 Web 应用、桌面应用或移动应用
- **要求：**尝试可视化结果，包括算法的中间结果，类似于用户交互的仪表板

这个项目综合了硬件操作、算法开发、数据传输和可视化的多个方面，要求学生全面掌握嵌入式系统开发和无线感知技术，以实现对人体运动和呼吸的无接触监测。最困难的部分集中在运动检测和呼吸率估计算法的开发上，这也是分值最高的部分（共 50 分）。