

## 需求分析

### 1. 项目背景和目标

本项目的目标是设计并实现一个下肢康复数据管理系统，旨在通过对下肢关节运动数据的采集、处理、存储、分析与展示，帮助患者进行个性化的康复训练，并为医疗人员提供有效的监控与分析工具。系统的核心功能包括数据采集、数据传输、实时数据处理、康复状态分析、个性化训练推荐等。同时，系统支持医疗人员远程查看患者数据，进行数据对比分析并及时干预。

### 2. 功能需求

#### 2.1 病患数据上传到服务器

数据来源：

在患者下肢关节安装角度传感器，实时采集关节的角度变化。

传感器采样频率为 100Hz，每秒钟采集 100 个角度数据点。

数据传输流程：

1. 传感器数据采集：每秒钟记录一次关节的角度变化，确保采集的精度符合康复需求。
2. BLE 传输：传感器通过蓝牙低功耗（BLE）协议与移动设备（如智能手机）配对，建立连接并传输数据。BLE 连接完成后，传感器将数据实时发送至设备。
3. 数据缓存：移动应用在后台持续监听 BLE 信号，自动接收传感器数据并缓存至设备内存，保证数据不丢失。
4. 数据整理：数据整理过程包括时间戳同步（确保数据在时间上的一致性）以及单位转换（根据需求将数据单位统一）。
5. 数据上传：数据整理后，移动设备通过互联网将数据上传至云服务器，确保远程访问和存储。

数据存储：

本地数据库（SQLite）：在设备上缓存最近 7 天的数据。若设备与网络断开，数据不会丢失，用户可以在恢复网络连接后进行数据同步。

服务器数据库（云存储）：云端存储数据进行长期保存，医疗人员可以随时访问患者数据，进行远程监控与分析。

#### 2.2 服务器端数据降噪处理

原始数据去噪：

卡尔曼滤波算法：卡尔曼滤波用于对传感器的原始数据进行滤波处理，去除环境噪声与电磁干扰，平滑角度变化数据。

异常数据剔除：设定关节角度的合理范围，超出范围的数据（例如膝关节角度为 0° 至 140° 之间）会被标记为无效数据，并从分析中剔除。

数据补偿：当 BLE 传输中断或数据丢失时，采用线性插值方法修复数据，填补空缺，保持数据的连续性与完整性。

性能需求：

数据处理时间：每个数据包的处理时间应小于 50 毫秒，确保系统的实时响应能力。

降噪后的数据误差：去噪后的数据误差应小于 $\pm 0.01$ 度，确保数据的准确性。

数据完整性：采用冗余存储技术保证数据存储的完整性，防止数据丢失。

## 2.3 数据分析与展示

功能需求：

### 1. 运动状态参数计算：

角度变化范围：计算关节的最大和最小活动角度，以评估关节的活动范围。

运动速度：通过计算角度变化率来评估关节运动的速度。

加速度：通过计算角度的二阶导数来获取关节运动的加速度，评估运动的平稳性。

### 2. 康复状态对比：

实时数据 vs. 康复目标值：实时跟踪患者的运动数据，并与设定的康复目标（如关节角度范围）进行对比。

实时数据 vs. 过去 7 天均值：将当前的运动数据与过去 7 天的均值进行对比，以了解患者康复的进展。

### 3. 数据可视化展示：

折线图：展示患者的运动趋势，直观反映患者在一段时间内的康复情况。

柱状图：展示当前运动数据与康复目标值的对比，帮助患者与医生清楚地看到差距。

雷达图：展示多维度的运动参数对比，如角度范围、运动速度和加速度等，帮助医生全面评估患者的康复状态。

性能需求：

可视化更新频率：数据可视化应具有 10Hz 以上的更新频率，确保系统交互流畅。

数据误差：展示数据的误差应控制在 $\pm 0.5$ 度以内，确保康复趋势分析准确。

## 2.4 调整康复计划

功能需求：

### 1. 康复评估机制：

如果患者当前的运动范围达标，系统会提示“恢复良好”。

如果患者未达到预设的康复目标，系统将推荐新的训练方案，以帮助患者更好地康复。

2. 训练效果评分：系统根据过去 7 天的运动数据计算患者的改善程度，并对训练效果进行评分。

3. 个性化方案推荐：结合 AI 模型预测训练效果，根据患者的具体情况动态调整训练强度和方案。

性能需求：

训练方案更新周期：每 3 天更新一次训练方案，避免过于频繁的调整影响患者的康复进程。

AI 预测准确率：AI 模型的预测准确率应达到 90% 以上，避免错误的康复方案推荐。

## 2.5 服务器端存储原始数据

功能需求：

1. 短期存储：本地数据库应保存最近 7 天的数据，便于患者查看和回顾近期的康复效果。
2. 长期存储：云端数据库应保存患者的历史数据，存储时间为 1 年，支持医疗人员进行历史数据对比和分析。

性能需求：

单个患者数据存储量：每位患者的数据存储量应控制在 10MB/月以内，确保云存储的可扩展性。

数据备份：为了防止数据丢失，每天应对所有患者的数据进行备份。

## 2.6 医疗人员查看与对比数据

功能需求：

1. 实时数据对比：

医生可以将患者的实时数据与康复目标、标准健康数据、同阶段患者的均值进行对比，帮助其快速评估患者的康复情况。

2. 异常警报：

如果患者的血氧饱和度低于 90%或关节活动角度异常下降，系统会自动发出警报通知医生，便于及时干预。

性能需求：

医生查询患者数据：查询患者数据的响应时间应小于等于 2 秒，确保医疗人员能够迅速获得数据。

异常警报推送：异常警报的推送延迟应小于等于 1 秒，确保医疗人员能够及时响应并进行干预。

## 2.7 医疗人员管理患者信息

功能需求：

1. 新增患者：医生可以录入患者的基本信息（如姓名、年龄、病史），并绑定相应的康复设备。
2. 切换患者视图：医生可以快速切换不同患者的视图，查看各自的康复数据。
3. 删除无效患者：对于 6 个月内未使用系统的患者，系统应自动归档或删除其信息。

性能需求：

患者数据查询响应时间：查询患者数据的响应时间应小于等于 2 秒。

数据库支持扩展性：系统应支持至少 1000 名患者的数据管理，并具备良好的扩展能力。

## 3. 性能需求

BLE 连接建立时间：连接时间应小于 2 秒，确保传感器与移动设备能够快速配对，避免长时间等待。

数据上传延迟：上传数据的延迟应小于 200 毫秒，确保数据及时传输至服务器。

数据处理时间：每个数据包的处理时间应小于 50 毫秒，以确保系统的实时处理能力。

存储容量：每个患者的数据存储量应控制在 10MB/月以内，确保系统的存储空间不会过载。