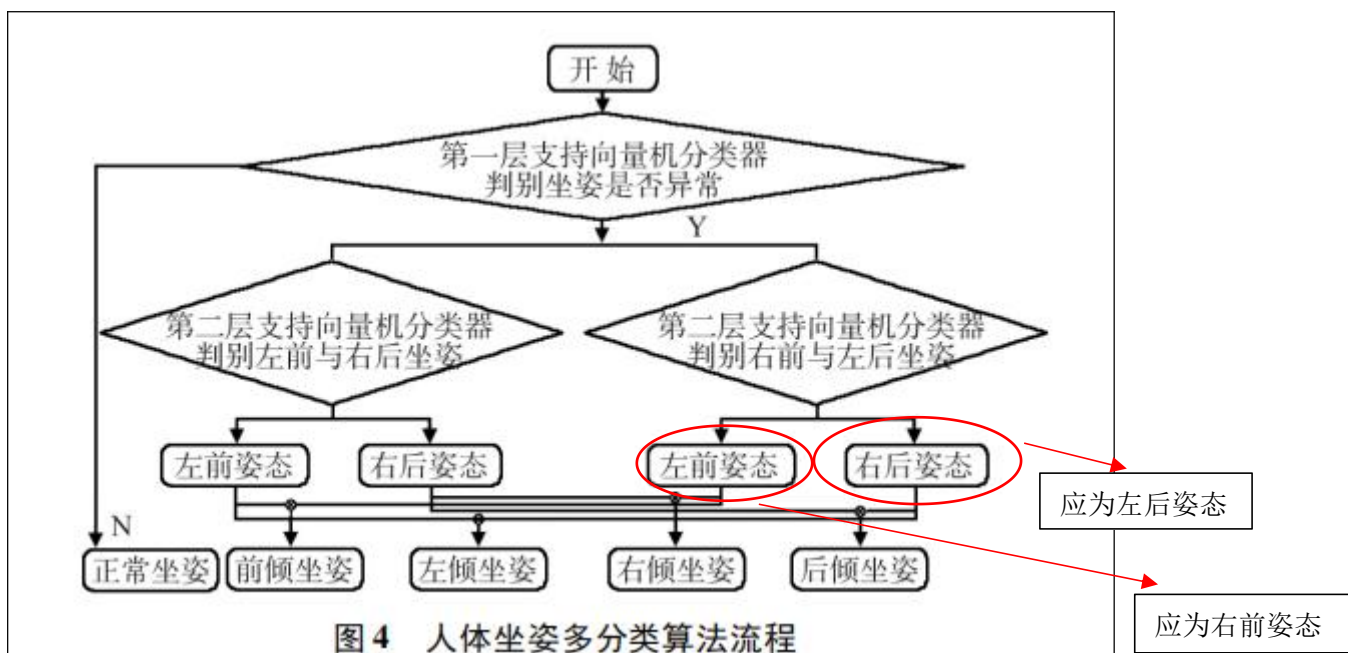
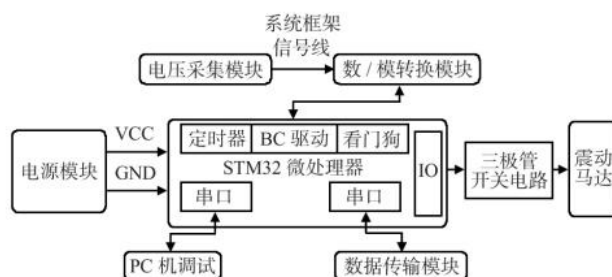


题目：基于电阻式薄膜压力传感器组的人体坐姿感知终端
作者：杜英魁，姚俊豪，刘 鑫，何丽霞，任 苹，原忠虎
关键词：压力传感器；坐姿识别；支持向量机；端云结合
<p>研究背景与目的：</p> <p>目前，人体坐姿感知终端研究主要有：基于织物压力传感器的方法、基于柔性阵列压力传感器的方法和基于多传感器融合的方法，研究的难点在于，既要具有压力数据采集的稳定性和不同坐姿条件下的数据显著性差异，亦需控制感知终端硬件系统的复杂度、功耗和成本。文章设计了一种基于端云结合技术框架的人体坐姿感知终端。基于电阻式薄膜压力传感器组设计了一种人体坐姿感知终端。感知终端主要以低成本STM32F103C8T6芯片为核心处理器，采用U形坐垫和8个电阻式薄膜压力传感器，有效控制了硬件成本。</p>
<p>研究内容：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 设计了一种基于端云结合技术框架的人体坐姿感知终端。采用电阻式薄膜压力传感器组，根据人体坐姿状态的腿部和臀部压力特征和测量区域进行布置。2. 提出了一种复合限幅滤波方法，进行异常值滤除和平滑预处理。3. 定义了前后和左右轴倾两个系数，对预处理的压力数据进行降维。4. 在云端构建了一种二层结构支持向量机的人体坐姿多分类算法，依据感知终端获取的轴倾系数，完成人体姿态的多分类计算，通过无线网络下发至感知终端。
<p>研究方法：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 采用 stm32f103c8t6 作为控制核心，采用 FSR402 电阻式薄膜压力传感器获取人体坐姿条件下的臀部和大腿部的压力数据，根据人体坐姿状态的大腿部和臀部压力分布特征和测量区域进行分组和布置并采集数据。将得到的实时数据复合滤波并降维，计算得出文章自定义的前后轴倾系数和左右轴倾系数。2. 自定义前后轴倾系数和左右轴倾系数。传感器 1～ 传感器 8 压力数据分别定义为 DS1～ DS8。由传感器 1 和传感器 2 构成的传感器组，压力数据均值定义为 DG1，由传感器 5 和传感器 6 构成的传感器组，压力数据均值定义为 DG2，由传感器 3 和传感器 4 构成的传感器组，压力数据均值定义为 DG3，由传感器 7 和传感器 8 构成的传感器组，压力数据均值定义为 DG4。前后轴倾系数和左右轴倾系数分别定义为 AIC_FR 和 AIC_LR，则有$DG1 = (DS1 + DS2) / 2, DG2 = (DS5 + DS6) / 2,$$DG3 = (DS3 + DS4) / 2, DG4 = (DS7 + DS8) / 2,$$FR_TMP = DG1 + DG2 - DG3 - DG4, LR_TMP = DG1 + DG3 - DG2 - DG4,$$CF = \max(FR_TMP , LR_TMP)$$AIC_FR = FR_TMP + CF, AIC_LR = LR_TMP + CF.$3. 文章提出了一种二层结构支持向量机的人体坐姿多分类算法。依据前后轴倾系数和左右轴倾系数，第一层设置一个支持向量机分类器，进行正常坐姿和非正常坐姿的分类计算，第二层设置两个支持向量机分类器，分别对非正常坐姿状态进行左前与右后、右前与左后的人体姿态分类计算，通过分类结果与运算，完成人体坐姿识别。流程如下图所示。



硬件设计：

数据采集模块以 STM32 为核心，采用轮询策略对压力传感器进行数据采集并通过复合滤波算法对采集到的数据进行预处理，并对数据进行降维。数据传输模块将数据通过蓝牙模块以自定义协议传输到 DTU—CP6301 模块，通过 DTU 模块的 RS—485 总线将获取到的数据上传至云平台。在云端通过提出的一种二层结构支持向量机(SVM) 算法对人体坐姿进行实时分类识别，并将识别结果下发至感知终端。



根据人体坐压的分布特点，共设置了 8 只压力传感器，分为 4 组，分别置于左后坐骨与右后坐骨处以及臀大肌中部位置，如图 2 所示。其中，1~8 是电阻式压力传感器。其中，第 3，4 和第 7，8 共 4 只传感器构成 2 个压力测量传感器组，用于测量坐姿状态下大腿部压力；第 1，2 和第 5，6 共 4 只传感器构成 2 个压力测量传感器组，用于采集人体坐姿状态下的后臀部压力。

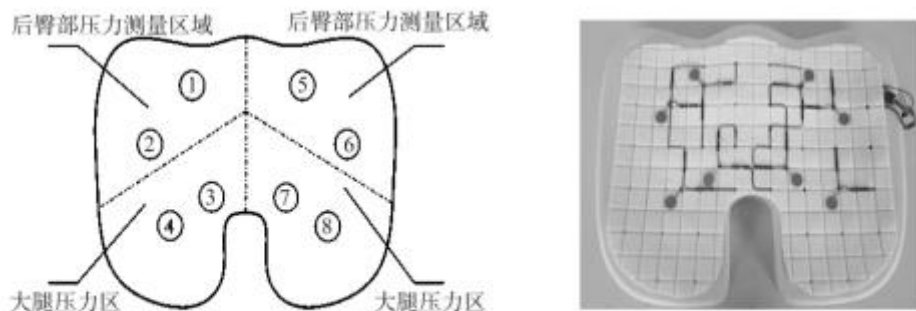


图2 传感器组布局示意及实物

实验设计：

1. **低功耗测试。**系统上电后，终端蓝牙模块正常运行，若 60s 内 8 只压力传感器均未采集到压力值，感知终端进入低功耗模式，主机主动关闭蓝牙模块。在实验测试中，检测系统低功耗模式与正常工作模式的耗电量。低功耗模式系统下，系统功耗降低了约 72 %。
2. **采集终端运行测试。**主机蓝牙模块通过 CH340—USB 转串口模块与上位机连接。感知终端通过从机蓝牙传输数据至主机蓝牙。串口每 5s 向终端发送一次问询指令，终端接收和解析指令后，将数据发送至主机蓝牙。利用串口调试助手显示采集到的压力数据。
3. **坐姿感知移动端应用。**二层结构支持向量机核函数采用高斯核函数，Python 语言编程实现。移动端应用 Web APP 采用 VUE 数据驱动视图方式实现数据的可视化。其中，VUE-CLI 配合 MINT-UI 和 MUI 实现移动端的适配性，VUE-ESOURCE 作为后端请求响应的 API 接口，获得数据库数据和业务逻辑操作。

文章结论：

仅采用 8 只电阻式薄膜压力传感器和 STM32F103C8T6 处理器，具有较好的硬件成本优势。在感知终端完成人体坐姿的压力分组采集、异常值滤除和平滑预处理，依据自定义的轴倾系数进行数据降维。在云端通过所提出的一种二层结构支持向量机多分类算法，对人体坐姿进行了多分类计算，通过无线网络下发至感知终端。实验测试的结果验证了终端设计和算法性能的有效性。

文章创新点：

设计了仅采用 8 只电阻式薄膜压力传感器的感知终端，硬件成本上具有优势；提出了自定义的前后轴倾系数和左右轴倾系数；提出了一种二层结构支持向量机的人体坐姿多分类算法。

文章不足：

没有做对比实验，算法效果好说服力不足。

我的收获：

同样在硬件设计方面得到启发，自定义前后轴倾系数和左右轴倾系数来判断姿势倾向的做法也有一定参考价值。