

工科创 II 心率检测算法实验报告

张浩宇 522031910129

一、 实验流程与代码

根据已有的 PPG 数据, 通过不同的心率检测算法, 得到心率数据, 并与参考心率对比, 比较不同的算法的效果.

1. 峰值检测法

通过检测一段信号中的峰值数目来计算心率. 基本原理是最大最小值法, 即找到信号中满足值大于两边的位置, 这些位置即为峰值. 由峰值位置和个数即可计算心率.

为了解决次波峰的影响, 可采用阈值法, 设定一定的阈值, 只有超过阈值的峰才被记录. 同时可利用滑动平均法处理信号, 消除次波峰和毛刺. 也可以根据人类心率范围和心率变化速度设定超参数限制, 对偏差过大的数据进行处理.

2. 数字滤波

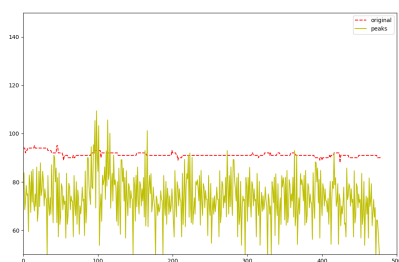
PPG 信号可看作是原始心率信号和其他各种噪声信号的叠加, 若用滤波器对信号预处理, 滤除噪声, 留下较为纯净的心率信号来计算心率, 可得到较为准确的结果.

3. 频谱分析法

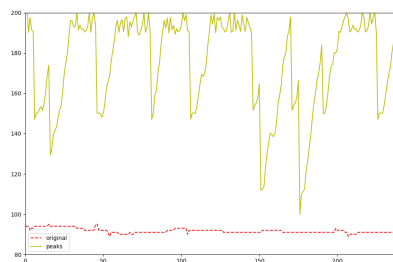
PPG 是一种跟随心跳的伪周期信号, 因此可以用频谱来分析心率. 快速傅里叶变换 FFT 可以快速求得 PPG 信号的频谱, 在频谱中最高峰对应的频率就是心率信号的频率, 由此可以计算出心率. 同时也可引入超参数限制来优化结果.

二、 结果分析

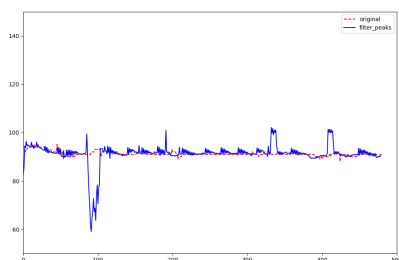
分别用不同算法对有噪声的 PPG 数据进行心率检测, 将结果与参考心率对比, 如图 1 所示.



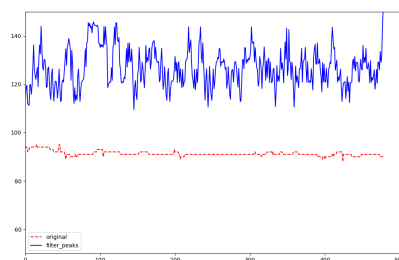
(a) 简单噪声; 峰值法



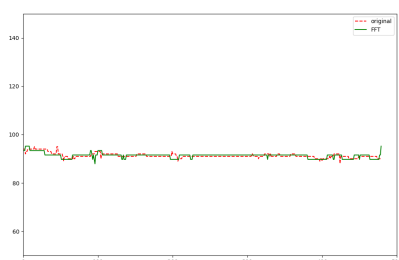
(b) 复杂噪声; 峰值法



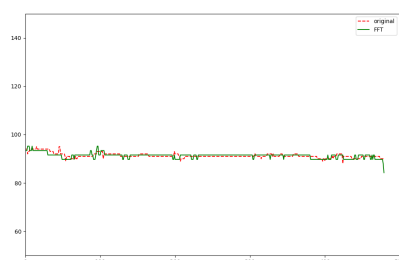
(c) 简单噪声; 滤波 + 峰值法



(d) 复杂噪声; 滤波 + 峰值法



(e) 简单噪声; 滤波 + FFT



(f) 复杂噪声; 滤波 + FFT

图 1: 心率检测结果与参考心率

根据图 1(a)(c)(e), 当信号有简单的高低频噪声时, 单独的峰值法已经有较大偏差; 经过滤波后的峰值法也有一定的偏差, 且波动较大, 经计算平均误差 1.890; 而滤波后使用频谱法效果较好, 偏差很小, 且比较稳定, 经计算平均误差 0.781.

根据图 1(b)(d)(f), 当信号带有复杂的噪声和伪影时, 峰值法和经过滤波的峰值法结果均偏差较大, 而滤波后使用频谱法效果较好, 偏差较小, 经计算平均误差 0.811.

因此经过滤波的 FFT 频谱法效果相比峰值法更好. 因为峰值法只关注局部是否出现峰值, 很易受噪声影响; 而频谱法与信号整体特征有关, 且可将不同频率成分分开, 可以减少噪声的影响, 经过滤波可以进一步消除噪声, 从而得到比较好的检测效果.