

研发报告

1. 背景与概述

通过硬件测量人体脉搏，获得脉搏波形，通过分析脉搏波形的特征，识别出该人的脉象。

由于脉搏波形采集过程中必然混杂了大量噪声，因此首先需要进行去噪。去噪完成后获得噪声相对较小的波形。

然后通过对时域上的特征值进行提取，将波形数据转换为特征值，特征值包括：脉搏波幅值，脉宽，周期，波形细节。

最后通过对特征值的分析，识别出脉搏波的脉象。

该报告为第一阶段工作，包括去噪与特征值提取。

2. 开发环境

开发环境	版本号
python	2.7.10
numpy	1.8.0rc1
scipy	0.13.0b1
matplotlib	1.3.1

3. 输入输出定义

输入：

含有寸关尺三部共计30个采样点的波形数据。具体采样点分布如下：

部位	采样点数
寸	两行12个点，每行6个点
关	两行12个点，每行6个点
尺	一行6个点

输出：

输出30个采样点的特质值，包括：

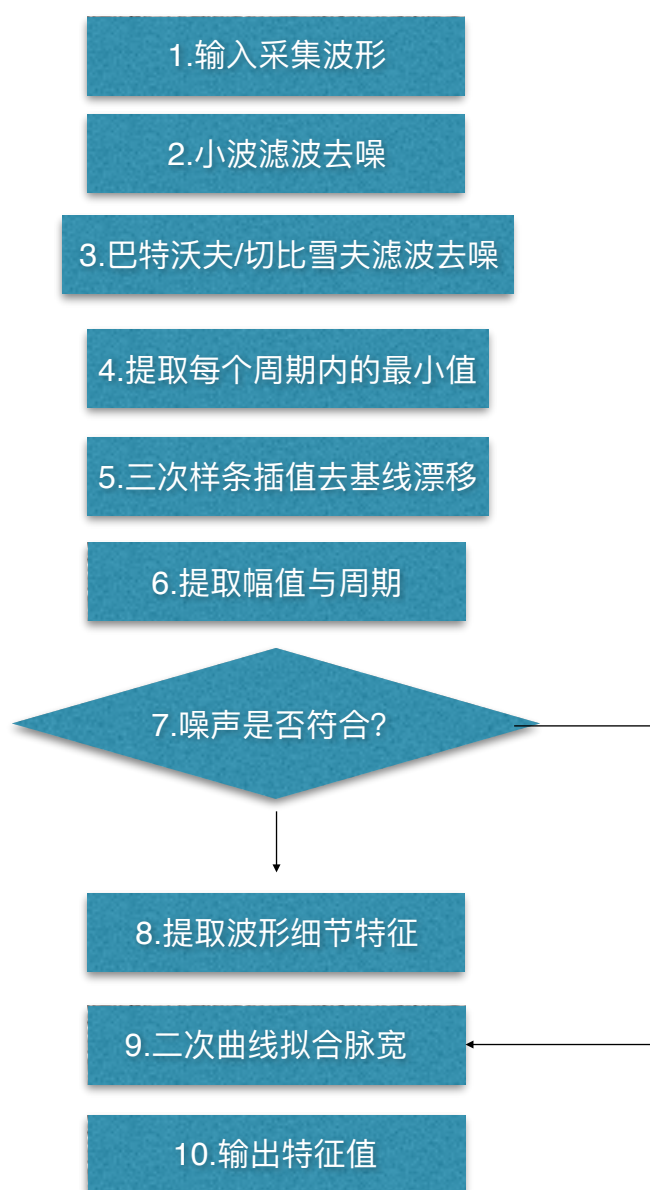
特征值	描述
幅值	由于外压会影响幅值，并且无法获得外压。因此给出每一个点的所有幅值（ 这里需要再议 ）
脉宽	每一行数据，如果该行数据可以以二次曲线拟合，则给出脉宽，如果无法拟合，则脉宽为 - 1
周期	周期对于所有采样点相同，因此对30个采样点的所有波形周期取平均，作为最终这份数据的周期值

特征值	描述
波形细节-(H1~H6, T1~T6)	<p>如果去噪后波形噪声低，则可以取出波形细节，共有 (H1,T1) , (H2,T2) , (H3,T3) , (H4,T4) , (H5,T5) , (H6,T6) 6个特征点，12个特征值。</p> <p>如果去噪后波形噪声高，则所有波形细节特质值均为0</p>

4. 算法描述

4.1. 算法整体框架：

如下图是算法的整体流程图。采集得到的信号首先经过去噪与基线漂移，然后判断噪声是否符合要求，如果符合要求则进一步提取细节特征，否则只提取周期，幅值，脉宽。



其中这10个步骤可以分为去噪（1-5），特征提取（6-10）两部分，4.2节介绍去噪算法，4.3节介绍特征提取算法。

4.2. 去噪：

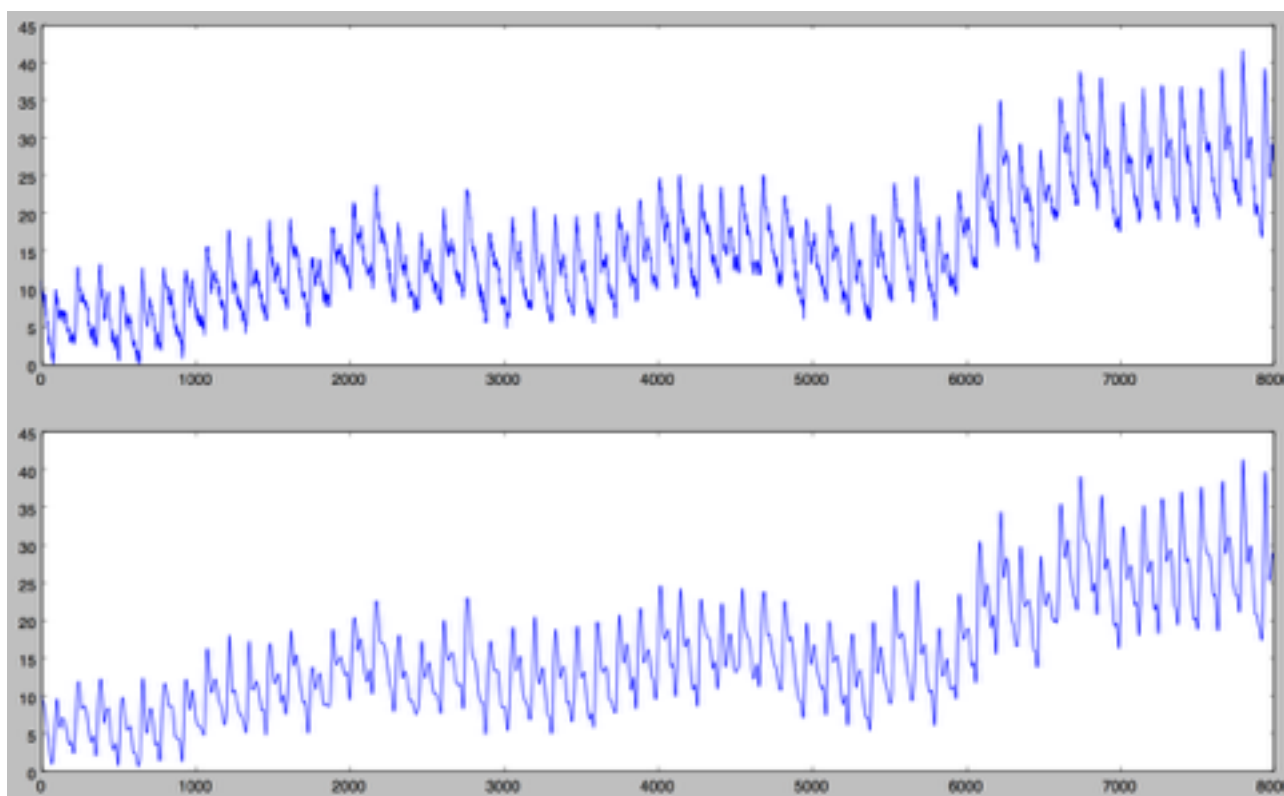
脉搏波噪声主要包括采集工具本身的噪声，采集过程中因采集外压抖动与人体抖动引入的噪声两部分。此外由于采集对象的呼吸与晃动，以及采集者施压的不均匀，会使得脉搏信号产生基线漂移，从而导致不同程度的变形。

由于硬件条件问题，目前采集到的波形噪声较大，因此本文在小波滤波的基础上引入了巴特沃夫带通滤波器以及切比雪夫二型带阻滤波器做进一步的去噪。同时使用三次样条插值拟合基线漂移。

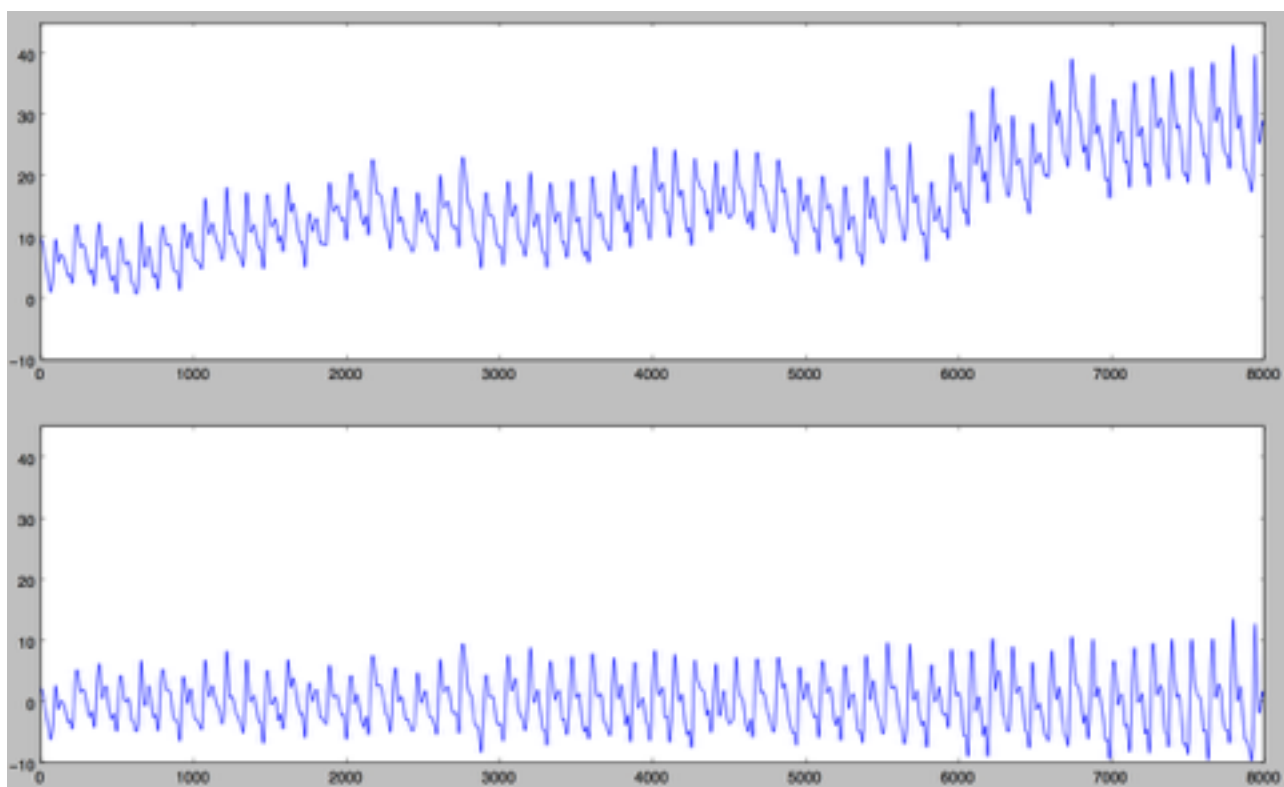
下面将详细讲述这三个滤波器的作用与算法，以及基线漂移去处算法。

双重小波滤波：小波变换相比传统傅立叶变换具有正交性，方向选择性，可变的时频域分辨率等特点，适用于脉搏信号去噪。

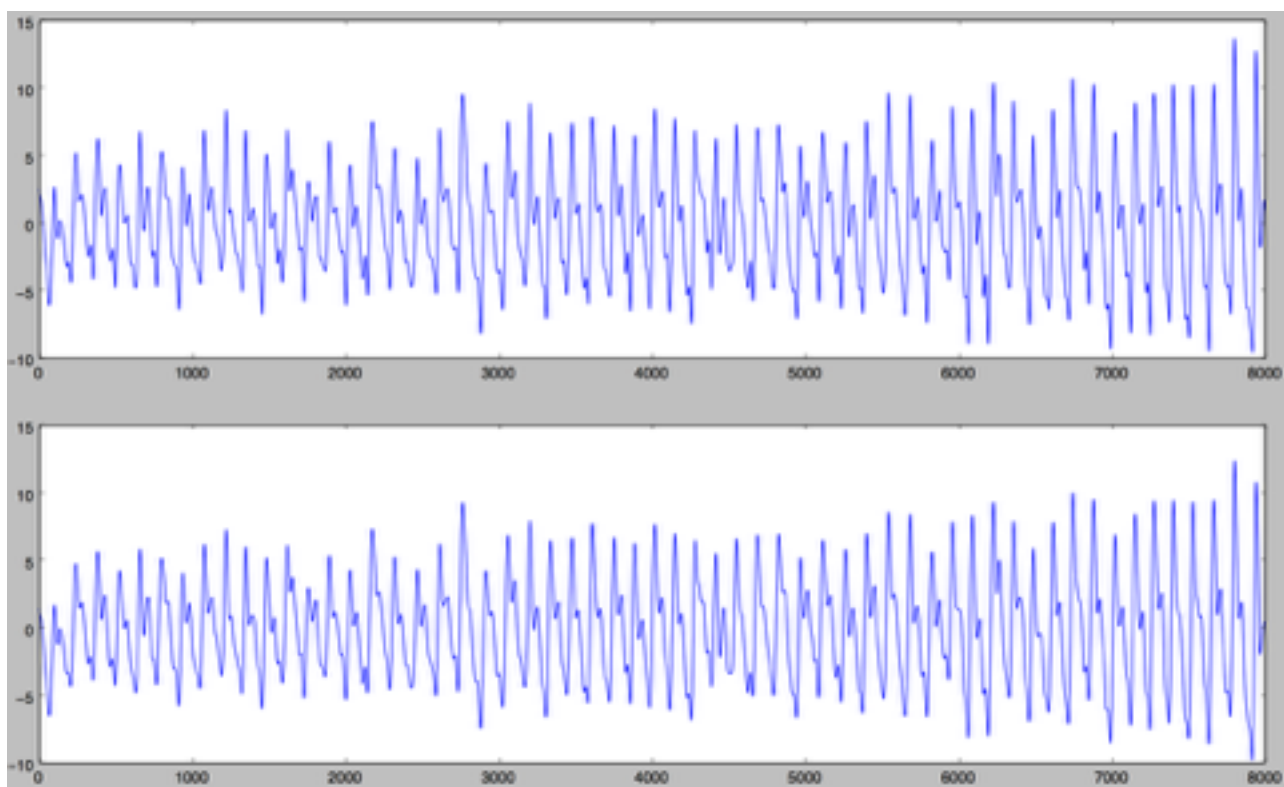
不同于前人工作，本文使用了双重小波滤波法进行第一步的去噪与去基线漂移。其中小波基都采用Sym8小波，分解层次均为8层。第一次小波分解抛弃1-4层分量，保留5-8层分量进行重组，获得去噪后的波形。下图是去噪效果对比：



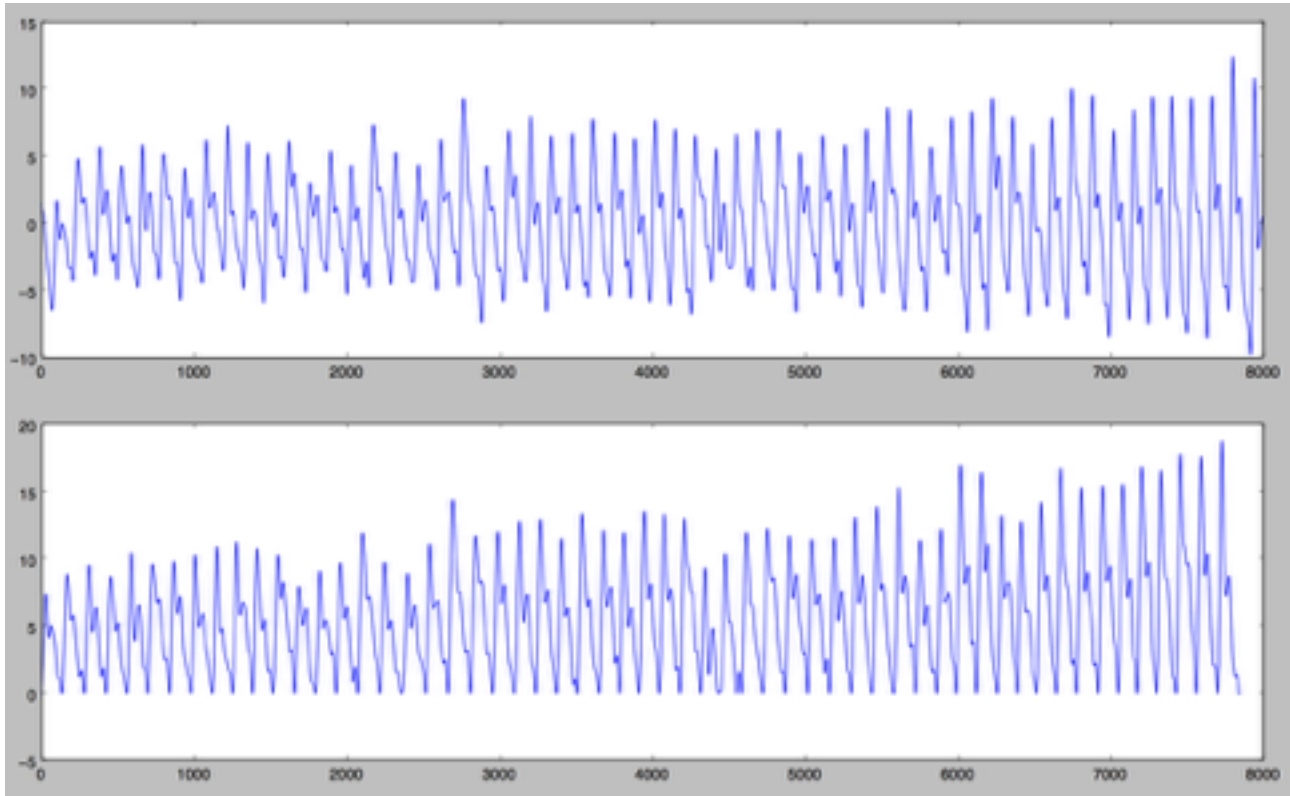
第二次小波分解，保留第0层分量进行重组后作为拟合基线，分解前的波形减去拟合基线即初步去处基线漂移后的波形，如下图所示：



巴特沃夫带通滤波器&切比雪夫二型带阻滤波器：由于脉搏波形频率主要分布在5Hz左右，而第一次小波分解无法去除一部分接近脉搏波频率的噪声，因此通过巴特沃夫带通滤波器与切比雪夫二型带阻滤波器进行进一步去噪，得到更好的波形。去噪效果如下：



三次样条插值去除基线漂移：三次样条插值用于进一步拟合基线值，将每个周期的最小值拟合到0点。效果如下：



4.3. 特征提取：

特征提取主要分为四部分，分别是：周期/频率，幅值，脉宽，波形细节。

局部极值列表提取：局部极值通过对波形曲线求二阶导数获得，局部极值中包含了所有主波峰点，重搏波峰点等所有波形细节点，但同时也含有一些噪声点。

幅值：由于人体脉搏波的周期大约在60-120次/分钟，而本文的采样频率为200Hz，因此周期大约在100-200个点之间，这里取100个点为一次估计周期，找到这100个点中的极大值，再与局部极值列表中的点比对，查看是否大于局部极值列表中的左右两点，如果大于，说明是波峰，即得到了该周期的幅值，否则不是。波谷同理。

周期频率：两个波谷间的点数 \times 采样频率即该波的周期，对所有波形的周期取平均，可得到整体的周期与脉搏频率。

脉宽：对同一行上4~6个点同一时间的幅值做二次曲线拟合，拟合曲线如果与x轴相交，则两交点的焦距可认为是脉宽，同理对所有周期上的波形采用如上算法并取平均，得到平均脉宽。

波形细节提取：如上文所说，所有波形细节点都处于**局部极值列表**中，通常正常脉搏波一个周期内拥有2~3个波峰，在时域上3个峰值的间隔时间相对固定，且幅值相差较大。因此本文采用如下算法提取：

- 找到3个峰值的估计时间间隔范围
- 从主波峰开始，如果主波峰后的第二个点处于重搏前波估计时间间隔范围内，说明可能是重搏前波峰，否则是噪声点，继续往后找到所有处于该时间范围内的点。如果找到的点数目大于等于3个，说明噪声过大，放弃该周期的波。
- 同理继续往后找到重搏波峰值。
- 对于波谷则从主波波谷从后往前找。

由于不需要所有周期的波的波形细节，因此对于噪声相对较大的波形直接忽略，可以获得更好的波形细节特征。

下两图分别给出了提取到的波峰波谷值，以及重搏前波与重搏波的特征值：

