

自适应数字滤波的旋转机械动平衡的边缘计算实现

刘佳伟, 陈亮, 朱晋锐, 葛超, 杨奇睿, 吴晓宁¹

鞍钢集团自动化有限公司

邮箱 liujiawei@ansteel.com.cn

介绍/亮点 Introduction/Highlight

针对目前振动信号进行检测分析的计算都是在服务器云平台上的现状, 提出一种在边缘计算端实现的办法。通过自适应数字滤波分析出旋转机械不平衡故障, 利用中心频率自适应带通数字滤波器算法, 并且将算法固化到嵌入式单片机平台。将采集的信号通过中心频率带通滤波器, 利用数字化滤波器传递函数, 将数据进行计算分析。同时利用嵌入式单片机采集转速信号, 让滤波器的中心频率随着转子基频变化, 去除噪声, 得到不平衡振动信号。通过计算所得的不平衡振动信号, 利用FFT提取故障频率, 得出旋转机械动平衡故障。

研究方法 Methods

中心频率自适应带通数字滤波器的研究

为保证不平衡故障分析算法在边缘端的计算实现, 旋转机械设备的转速必须与滤波器的中心频率吻合。旋转机械在不同转速条件变化的同时, 滤波器的中心频率也要随着旋转设备基频变化, 保证滤波器在正常工作, 以达到消除噪声的目的。

模拟示波器目前有两种设计方式, 下图为两种频带变换制作滤波器的方法。频带变换发生在模拟滤波器阶段设计或者数字滤波器阶段设计, 分为如图1-5两种方法, 本设计采用在模拟阶段频带变换。

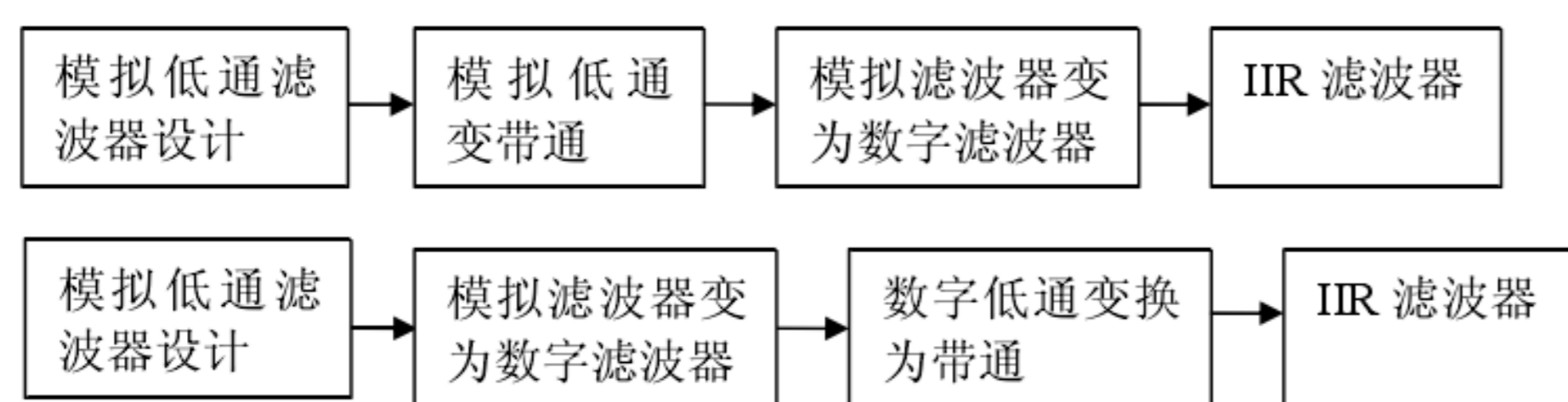


图 1-5 两种频带转换法制作滤波器

Fig.1-5 Two frequency band conversion methods for making filters

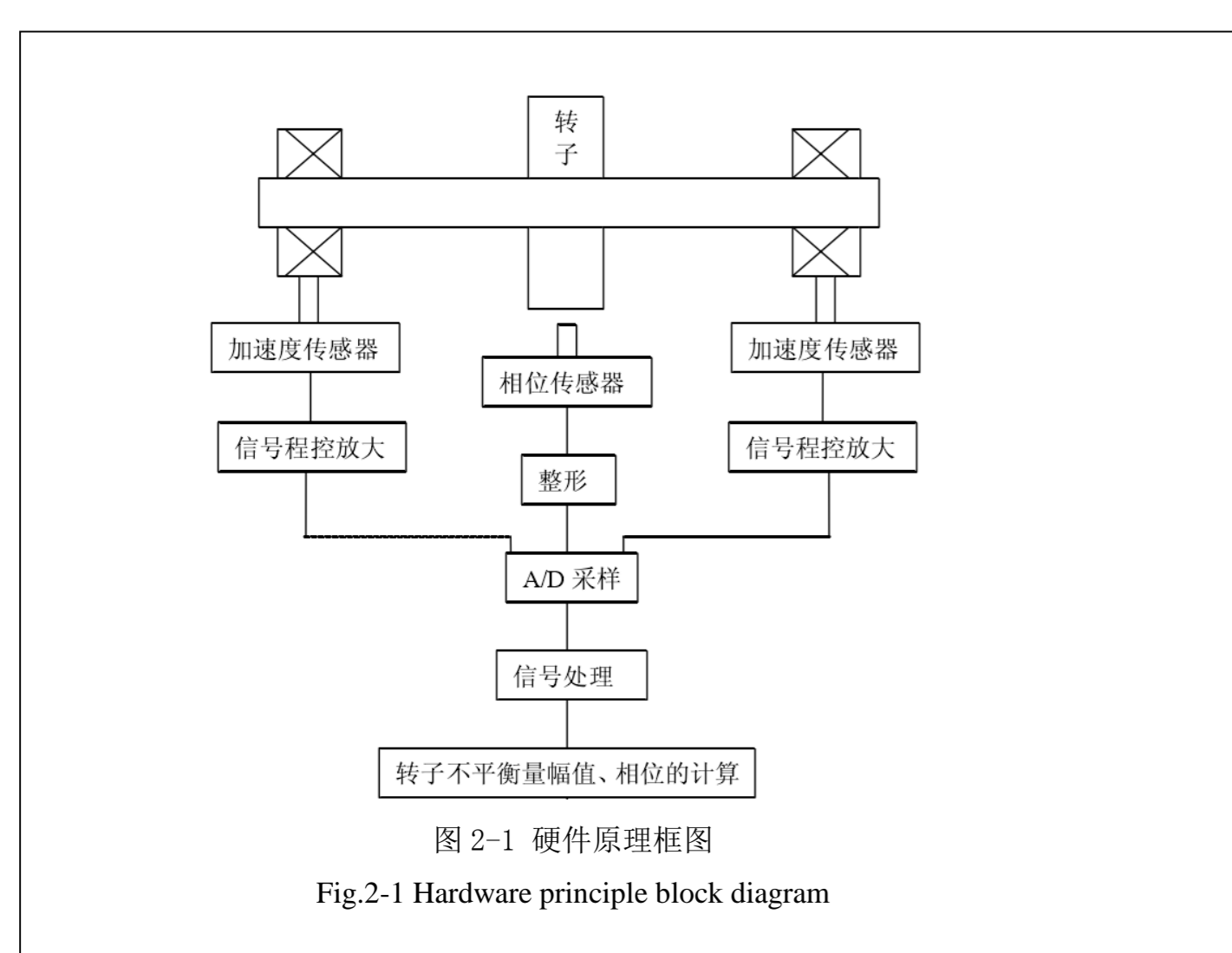


图 2-1 硬件原理框图

Fig.2-1 Hardware principle block diagram

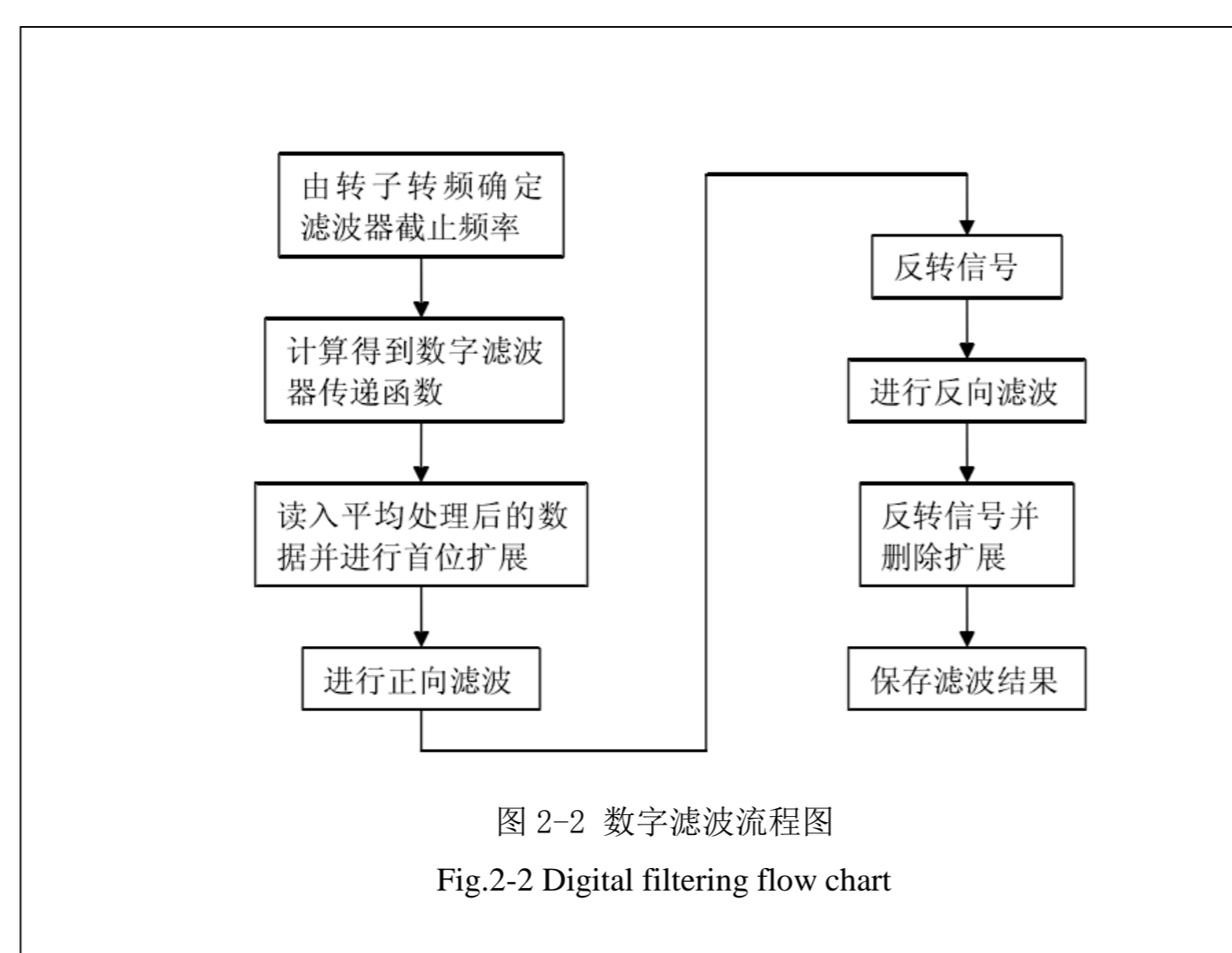


图 2-2 数字滤波流程图

Fig.2-2 Digital filtering flow chart

采用STM32H743IIT6作为主控, 具有400MHz的时钟频率, 该单片机有16位差分ADC采样, 最大ADC转换频率为4.5MHz。ARM Cortex M7核心自带双精度浮点硬件FPU, 包含浮点指令集, 相对传统8位16位单片机, 有上百倍的效率提升。整个边缘计算端的AD采样、信号处理, 转子不平衡量幅值和相位的计算都可以由它来计算, 而不用将数据上传到服务器计算, 增加了服务器最大可支持采集器数量。

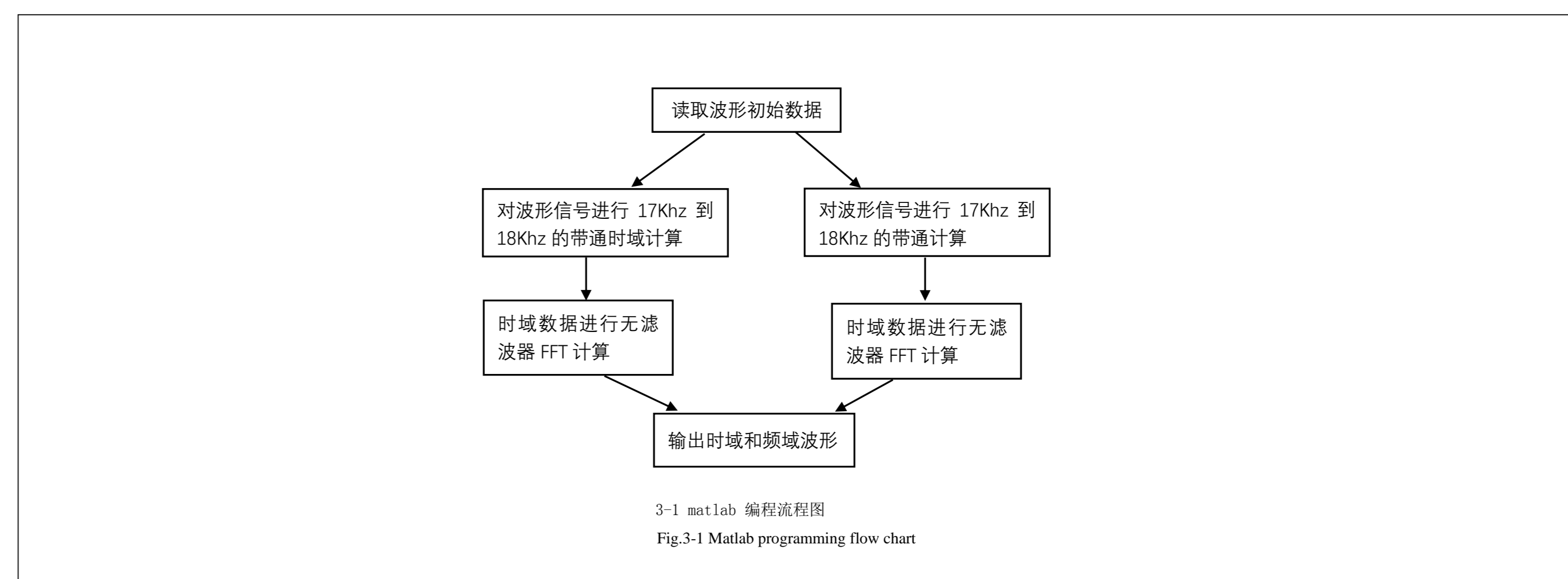
这个采集系统通过转子的相位传感器确定中心频率, 使用带通滤波器进行消除噪声, 通过检测旋转设备转子的转速信号, 去更改数字滤波器的中心频率参数, 达成自适应带通滤波设计目标, 得到清楚的不平衡振动信号。如图2-1系统的硬件原理框图。

中心频率自适应带通数字滤波模块的实现

本设计采用旋转设备的转频确定滤波器截止频率, 通过滑动平均滤波器计算11点处理信号, 将干扰信号滤除后, 对信号进行以转动设备转频中心频率的带通数字滤波, 算法流程图如下图2-2。

结果/讨论 Results/Discussion

以下设计一个提取17KHz到18KHz与20KHz到21KHz的频率进行滤波器验证, 假设故障定位与这两段频段, 进行带通滤波得到需要波形。首先通过信号下变频, 将信号移动到0Hz附近, 通过低通滤波对目标频段以外的信号进行抑制。图3-1为matlab编程流程:



3-1 matlab 编程流程图

Fig.3-1 Matlab programming flow chart

得到以下图3-2的仿真结果得到所需要频带提取出的波形。可以看出在所需要的频带下过滤后的波形清晰可见。

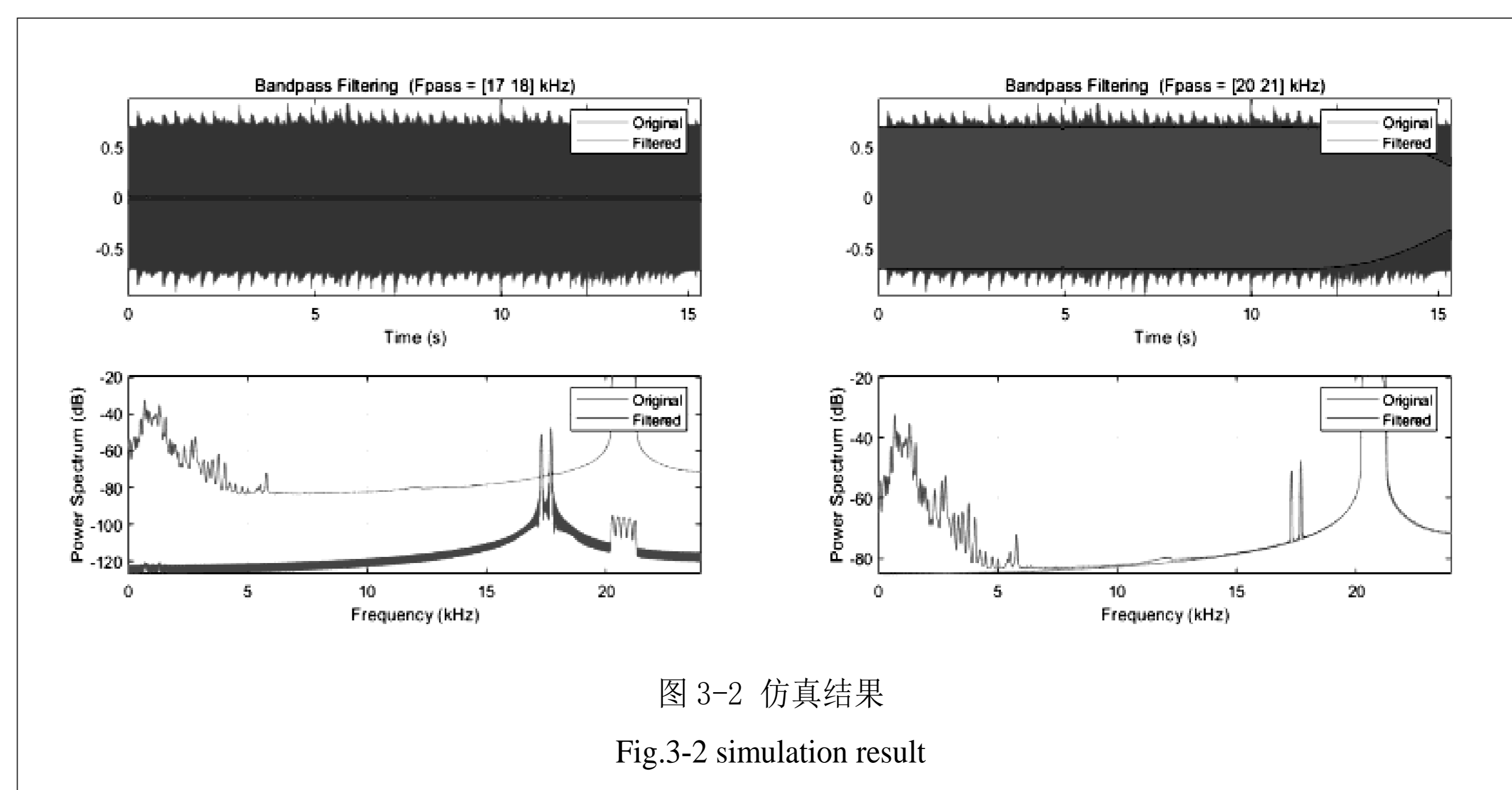


图 3-2 仿真结果

Fig.3-2 simulation result

通过采集振动信号, 对不平衡故障选择合适滤波器, 并且通过matlab进行仿真, 以设备中心频率为带通波段, 设计合适的滤波器算法。同时将验证的算法的C语言代码固化到单片机代码中。使用嵌入式单片机的DSP核进行边缘计算, 达到在边缘计算端监测不平衡故障的目的。

结论 Conclusions

- (1) 本文介绍一种将自适应中心频率带通滤波器利用在旋转设备不平衡检测上算法, 并且将算法部署到边缘计算端的方式。
- (2) 目前对于设备不平衡故障的识别的准确率普遍在50%-70%, 如何将算法通过实践数据优化还是一个难题, 针对现场不同的工况以及设备, 对机理模型修改还是一个难题。
- (3) 对比于目前广泛使用的将数据全部上传至服务器计算的方法, 其缺点在于数据过于庞大, 需要耗费大量硬盘资源存储无用的原始数据, 耗费更多的算力配置服务器, 不利于节点的分散化。
- (4) 在实际工业现场环境中, 体现在将这套算法部署在设备就近的采集设备上, 利用采集设备的嵌入式高性能单片机来集成检测故障的方法。这样可以降低传输数据需要的带宽, 也可以降低服务器的配置需求, 可以将计算算力分散到各个节点, 服务器只需要处理采集设备上传的信息, 进行更有价值的计算分析, 而不是将算力浪费在清洗数据上。
- (5) 对于不平衡故障的准确定位, 还需要使用大数据模型去学习优化本算法, 这是接下来需要进行的研究。