



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102735331 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201210237745. 0

(22) 申请日 2012. 07. 10

(66) 本国优先权数据

201110390865. X 2011. 11. 30 CN

(73) 专利权人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街
174 号

(72) 发明人 汤宝平 蔡巍巍 刘四超

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理
有限公司 11129

代理人 谢殿武

(51) Int. Cl.

G01H 17/00 (2006. 01)

G08C 17/02 (2006. 01)

H04W 88/02 (2009. 01)

审查员 胡小伟

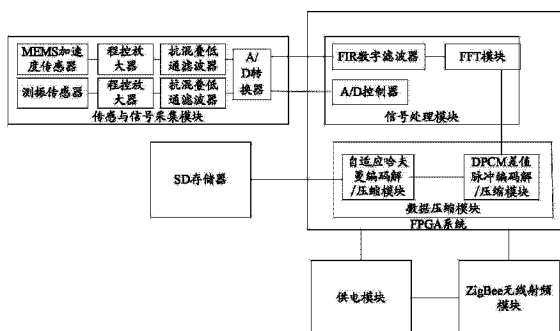
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

具有片上处理能力的无线传感器网络节点

(57) 摘要

本发明涉及无线传感器技术领域, 提供一种具有片上处理能力的无线传感器网络节点, 包括传感与信号采集模块和 FPGA 系统, 所述传感与信号采集模块获取传感信号, 并转换为数字信号; FPGA 系统, 包括信号处理模块和数据解 / 压缩模块, 对转换为数字信号的传感信号进行信号处理和压缩。本发明可解决现有无线传感器节点应用于机械振动监测领域的实时处理能力不足的问题, 提高系统的实时性并且降低无线传输能耗。



1. 具有片上处理能力的无线传感器网络节点,其特征在于:包括传感与信号采集模块,获取传感信号,并转换为数字信号;

FPGA 系统,包括信号处理模块和数据解/压缩模块,对转换为数字信号的传感信号进行信号处理和压缩;

所述信号处理模块包括 FIR 数字滤波器和 FFT 模块,所述 FIR 数字滤波器对信号进行滤波,FFT 模块对滤波后的信号进行快速傅里叶变换,所述数据解/压缩模块包括 DPCM 差值脉冲编码解/压缩模块和自适应哈夫曼编码解/压缩模块,所述 FPGA 系统只传输或存储 FFT 变换的峰值;

所述传感与信号采集模块包括依次连接的传感器、程控放大器、抗混叠低通滤波器和 A/D 转换器;

所述信号处理模块还包括 A/D 控制器,所述 A/D 控制器对传感与信号采集模块中的 A/D 转换器进行控制;

所述无线传感器网络节点还包括 SD 存储器、ZigBee 无线射频模块和供电模块,所述 SD 存储器与 FPGA 系统的数据端口电连接,用于储存 FPGA 系统压缩后的数据;所述 ZigBee 无线射频模块与 FPGA 系统的通讯接口电连接;所述供电模块的由 ZigBee 无线射频模块的主控芯片进行控制;

所述无线传感器网络节点的工作流程如下:

首先给系统供电,初始化 ZigBee 无线射频模块,初始化完成后等待准备开始采集命令,当获取准备开始采集指令后给 FPGA 系统上电,等待节点形成自组织和同步网络,准备开始采集;

等待节点收到开始采集命令后,FPGA 系统配置程控放大器和 A/D 转换器,然后开始采集和转换,此时从传感器输出的模拟信号经过程控放大和抗混叠低通滤波器后输入 A/D 转换器;

从 A/D 转换器采集的原始数据,一路通过数据压缩输入 FPGA 系统片内的 FIFO,然后送入 SD 存储器中存储;另一路数据经过片上信号处理,通过 SPI 接口或串口等方式发送给 ZigBee 无线射频模块,就可以通过无线的方式发送给基站或者上位机;

如果上位机需要原始数据进行信号处理,可以给节点发送命令;节点通过软核处理器读取 SD 存储器中压缩的数据,将数据发送给 ZigBee 无线射频模块,最后再发送给上位机进行解压和数据处理;

等待,一段时间内如果 ZigBee 无线射频模块没有收到任何采集命令,断开传感与信号采集模块的电源,让节点工作在低能耗状态。

2. 根据权利要求 1 所述的具有片上处理能力的无线传感器网络节点,其特征在于:所述传感器包括加速度传感器和测振传感器。

3. 根据权利要求 1 所述的具有片上处理能力的无线传感器网络节点,其特征在于:所述 DPCM 差值脉冲编码解/压缩模块通过硬件数字逻辑实现,所述自适应哈夫曼编码解/压缩模块通过软件实现。

具有片上处理能力的无线传感器网络节点

技术领域

[0001] 本发明涉及无线传感器技术领域,具体涉及一种无线传感器网络节点。

背景技术

[0002] 随着科技的进步和工业化大生产的发展,旋转机械在工业上应用越来越广泛,成为许多大型生产设备系列中不可缺少的关键设备。大型机械设备的复杂程度,精密程度及自动化程度越来越高,随之而来的设备可靠性、可用性、可维修性和安全性的问题日益突出,因此,机械设备状态监测和故障诊断技术显得越来越重要。

[0003] 机械振动作为机械设备运行中的一个重要的特征参数,因此,对其监测显得尤为重要。国内外已先后推出过数百种包括离线和在线的从单机、主从机到分布式和网络化的机械振动监测系统,在一定的程度上保证了企业中关键机械设备的安全和稳定运行。但是这些现有的机械振动监测系统普遍采用有线连接的方式,均难以避免布线复杂,成本高,电缆易于磨损,可维护性差,缺少灵活性等特点,一个可选择的解决思路就是采用新兴的无线传感器网络监测模式来构建机械振动监测系统。无线传感器网络具有易于部署,网络自组织能力和局部信号处理等特点,因此可以利用无线传感器网络将传统的串行传输,集中式处理的系统变成分布式处理来解决以上问题。

[0004] 在机械振动监测中,无线传感器网络的应用面临着很多挑战:其一,机械测试中所要求的采样频率通常在 1kHz~10kHz 范围内,高频采样将产生大量的振动数据,现有的节点存储容量都很小,只适合于缓变量的采集与暂存。其二,由于传感器节点的能量限制问题,目前还难以达到长时间监测,尤其在面对高频振动数据的获取和传输时,能量的制约表现得更为突出;其三:传输速率受限的难题,高频采样将产生大量的振动数据无法实时的传送出去;其四,机械振动信号的要求比较高精度的采集,以便分析与发现微弱的故障信号,而现有的传感器节点大多数采用处理器片内 AD 转换器来采集模拟信号。处理器片内 AD 一般精度较低,且易受处理器的数字电路干扰,信噪比低,而且采样率较低,一般用来采集温度,光照等对精度要求不高的缓变信号。

[0005] 目前,在无线传感器网络节点上实现数字信号处理所采用的设计方案有以下几种:单片机、通用或专用 DSP 芯片、CPLD 或者 FPGA。单片机的应用很广泛,受到硬件资源和体系结构的限制,对于复杂的运算和控制却又显得力所不及,而且实时性比较差,时延较大。只能应用于一些低端的场合,不便于应用于数字信号处理系统中。通用 DSP 芯片也只是增加了一些乘法器模块,其实现的数字信号处理算法总体来看仍然是用软件实现。专用 DSP 克服了通用 DSP 处理速度慢的缺点,但是无法编程,而且实现的算法一般也比较简单,不具有可编程,开发难度大和价格昂贵,这也使得其在具体的应用中受到很大的限制。FPGA 融合了通用和专用 DSP 芯片各自的优点,具有可编程特性,但是对于复杂的算法开发难度也较大,这也限制其的应用。

[0006] 综上,现有的无线传感器节点都无法达到机械设备状态监测和故障诊断所需的要求。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种具有片上处理能力的无线传感器网络节点,可解决现有无线传感器节点应用于机械振动监测领域的实时处理能力不足的问题,提高系统的实时性并且降低无线传输能耗。

[0008] 本发明的目的是这样实现的,具有片上处理能力的无线传感器网络节点,包括

[0009] 传感与信号采集模块,获取传感信号,并转换为数字信号;

[0010] FPGA 系统,包括信号处理模块和数据解/压缩模块,对转换为数字信号的传感信号进行信号处理和压缩。

[0011] 进一步,所述传感与信号采集模块包括依次连接的传感器、程控放大器、抗混叠低通滤波器和 A/D 转换器。

[0012] 进一步,所述传感器包括加速度传感器和测振传感器。

[0013] 进一步,所述信号处理模块包括 FIR 数字滤波器、FFT 模块和 A/D 控制器,所述 FIR 数字滤波器对信号进行滤波,FFT 模块对滤波后的信号进行快速傅里叶变换,所述 A/D 控制器对传感与信号采集模块中的 A/D 转换器进行控制。

[0014] 进一步,所述数据解/压缩模块包括 DPCM 差值脉冲编码解/压缩模块和自适应哈夫曼编码解/压缩模块。

[0015] 进一步,所述 DPCM 差值脉冲编码解/压缩模块通过硬件数字逻辑实现,所述自适应哈夫曼编码解/压缩模块通过软件实现。

[0016] 进一步,还包括 SD 存储器,所述 SD 存储器与 FPGA 系统的数据端口电连接,用于储存 FPGA 系统压缩后的数据。

[0017] 进一步,还包括 ZigBee 无线射频模块,所述 ZigBee 无线射频模块与 FPGA 系统的通讯接口电连接。

[0018] 进一步,还包括供电模块,所述供电模块的由 ZigBee 无线射频模块的主控芯片进行控制。

[0019] 本发明的具有片上处理能力的无线传感器网络节点,其处理器系统使用 FPGA,可在片内实现了硬件 FIR 滤波器、FFT (快速傅里叶变换)变换模块和 A/D 控制器,只传输或存储 FFT 变换的峰值,大大减少了所需要传输的数据量,提高了系统的实时性并且降低了无线传输能耗,大大提高信号处理时间,提高了系统的实时性和可靠性,同时减少了系统的体积和功耗。为了实现高速度高精度采集,本节点的传感与信号采集模块采用高性能 MEMS 传感器、A/D 转换器和程控放大器,解决了采样频率和分辨率偏低的问题。为了解决高速高精度的采集所带来的大量数据存储问题,本节点采用软硬件结合的压缩算法和外扩 SD 卡解决了海量数据存储的难题。另外,采用 ZigBee 无线射频模块的主控芯片动态管理电源,降低了无线传感器网络应用于机械振动监测中的能耗。

附图说明

[0020] 图 1 示出了具有片上处理能力的无线传感器网络节点的结构示意图;

[0021] 图 2 示出了节点的数据压缩算法流程图;

[0022] 图 3 示出了节点的供电模块设计图。

具体实施方式

[0023] 为使本发明目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例对本发明进一步地详细介绍。

[0024] 参见图 1,本实施例的具有片上处理能力的无线传感器网络节点,包括传感与信号采集模块、FPGA 系统、SD 存储器、ZigBee 无线射频模块和供电模块。

[0025] 传感与信号采集模块,获取传感信号,并转换为数字信号,所述传感与信号采集模块包括依次连接的传感器、程控放大器、抗混叠低通滤波器和 16 位的 A/D 转换器。所述传感器包括 MEMS 加速度传感器和测振传感器,所述 MEMS 加速度传感器依次与一路程控放大器、抗混叠低通滤波器依次电连接,并将信号输出到 16 位的 A/D 转换器,所述测振传感器依次与另一路信号调理电路、程控放大器和抗混叠低通滤波器电连接,并将信号输出到 16 位的 A/D 转换器。MEMS 传感器采用 ADI 公司的 ADXL001 的 MEMS 传感器,具有 $\pm 70g$ 的测振范围。A/D 转换器采用了 8 通道 16 位的 ADS8344,具有最大 100KHz 的采样频率,本发明采用了最大 100KHz 的采样频率;抗混叠低通滤波器可避免传感器输出的信号经过 A/D 转换器后发生频率混叠,其截止频率为 50KHz。

[0026] FPGA 系统,包括信号处理模块和数据解/压缩模块,对转换为数字信号的传感信号进行信号处理和压缩。所述信号处理模块包括 FIR 数字滤波器、FFT 模块和 A/D 控制器,所述 FIR 数字滤波器对信号进行滤波,FFT 模块对滤波后的信号进行快速傅里叶变换,所述 A/D 控制器对传感与信号采集模块中的 A/D 转换器进行控制。所述数据解/压缩模块包括 DPCM 差值脉冲编码解/压缩模块和自适应哈夫曼编码解/压缩模块。上述 DPCM 差值脉冲编码解/压缩模块通过硬件数字逻辑实现,所述自适应哈夫曼编码解/压缩模块可通过软件实现,数据压缩的流程如图 2 所示。本实施例的 FPGA 系统采用了植入了 Altera 公司的 NIOSII 软核的 FPGA,这样单块 FPGA 上就可以代替通常的 MCU+FPGA 的模式,FPGA 采用了 CycloneIII 系列芯片,将数字信号处理算法如 FIR 数字滤波和 FFT 算法和 A/D 控制等全部用硬件来实现,并集成在一块 FPGA 芯片上,将传统的数字信号处理算法的串行处理改为并行处理,大大减少了数字信号处理的时间,提高了系统的实时性和可靠性同时减少了系统的体积和功耗。

[0027] 所述 SD 存储器与 FPGA 系统的数据端口电连接,用于储存 FPGA 系统压缩后的数据,可以使用 SD 卡,满足海量存储的目的,SD 卡移植了 Fatfs 文件系统,方便数据的读写操作。

[0028] 所述 ZigBee 无线射频模块采用了 TI 的基于 ZigBee 的 CC2430 模块,内部运行 Z-stack 协议栈,与 FPGA 系统的通讯接口电连接,实现节点之间的自组织通讯和节点与节点、节点与基站之间的数据交换。

[0029] 所述供电模块的由 ZigBee 无线射频模块的主控芯片进行控制。本节点器件较多,供电电压多样,为了保证电源有较高电压转换效率和兼顾敏感电路对电源质量的要求,本节点采用开关稳压电源和线性稳压器件组合的混合式供电方案。并通过 ZigBee 无线射频 SOC 上的微处理器 CC2430 负责管理整个节点的电源。图 3 给出了供电模块设计图。另外节点提供了三种供电方式:电池组供电、USB 供电和电源适配器供电。

[0030] 此外,本实施例的具有片上处理能力的无线传感器网络节点还包括多种扩展模

块,如 :LCD 显示模块、LED 指示灯、按键中断和调试接口。

[0031] 本实施例的具有片上处理能力的无线传感器网络节点工作流程如下：

[0032] 1) 首先给系统供电,初始化 ZigBee 无线射频模块,初始化完成后等待准备开始采集命令,当获取准备开始采集指令后给 FPGA 系统上电,等待节点形成自组织和同步网络,准备开始采集。

[0033] 2) 等待节点收到开始采集命令后, FPGA 系统配置程控放大器和 A/D 转换器,然后开始采集和转换。此时从传感器输出的模拟信号经过程控放大和抗混叠低通滤波器后输入 A/D 转换器。

[0034] 3) 从 A/D 转换器采集的原始数据,一路通过数据压缩输入 FPGA 系统片内的 FIFO,然后送入 SD 存储器中存储;另一路数据经过片上信号处理,通过 SPI 接口或串口等方式发送给 ZigBee 无线射频模块,就可以通过无线的方式发送给基站或者上位机。

[0035] 4) 如果上位机需要原始数据进行信号处理,可以给节点发送命令。节点通过软核处理器读取 SD 存储器中压缩的数据,将数据发送给 ZigBee 无线射频模块,最后再发送给上位机进行解压和数据处理。

[0036] 5) 等待,一段时间内如果 ZigBee 无线射频模块没有收到任何采集命令,断开传感与信号采集模块的电源,让节点工作在低能耗状态。

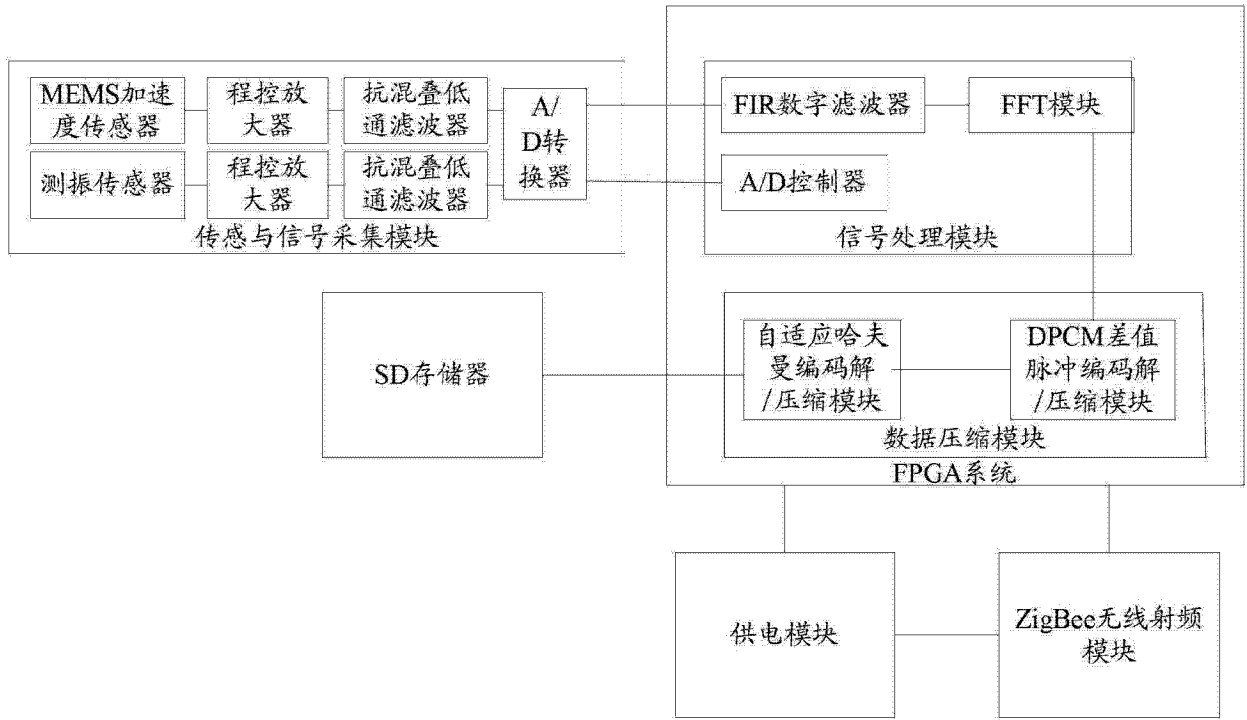


图 1

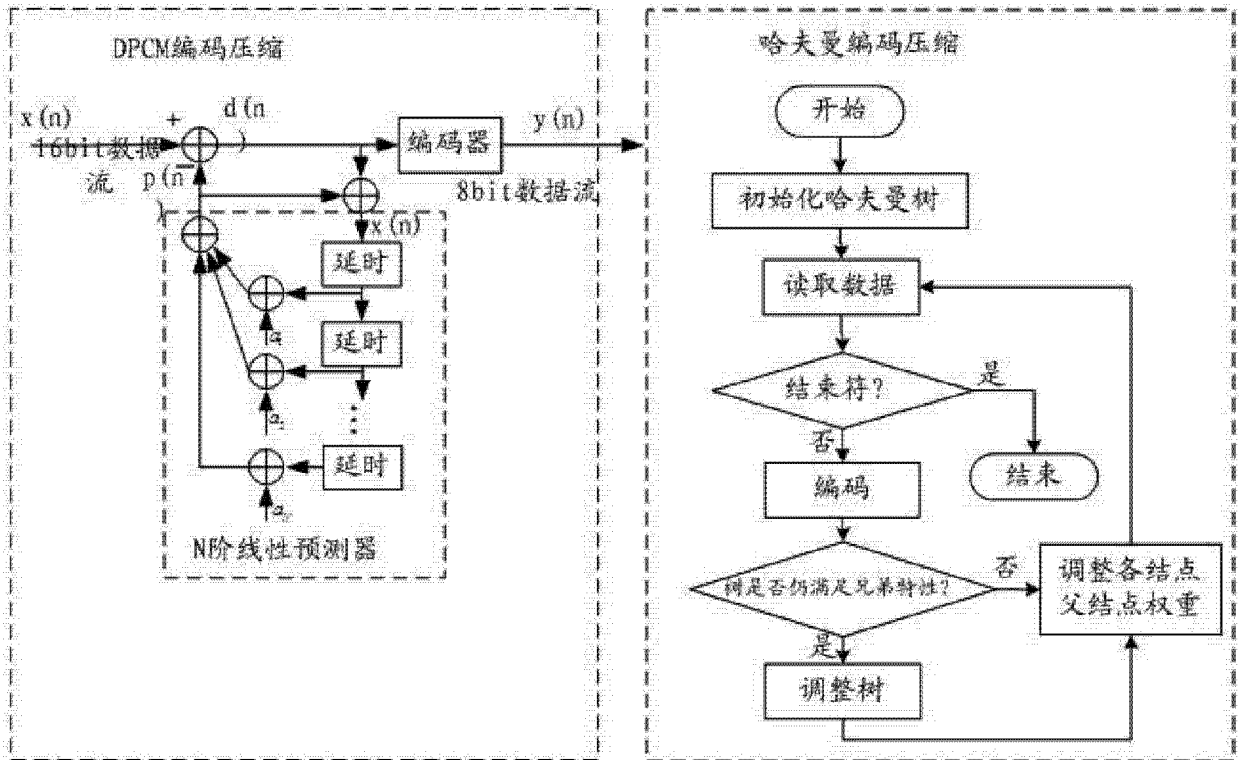


图 2

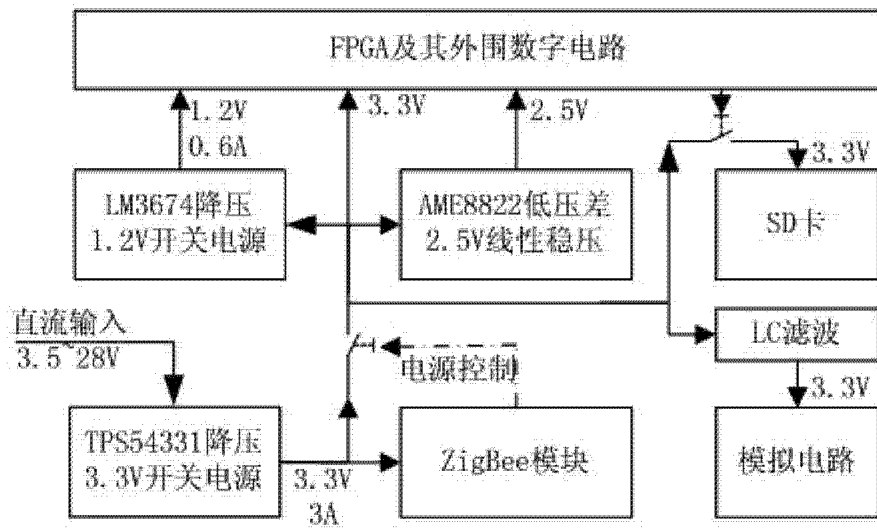


图 3