

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2017.04.002

零件质量在机云检测无线终端设计*

徐冠华^{1,2,3}, 傅建中^{1*}, 徐月同^{1,4}, 林志伟¹

(1. 浙江大学 浙江省先进制造技术重点实验室, 浙江 杭州 310027; 2. 浙江大学昆山创新中心, 江苏 昆山 215300;
3. 昆山市工业技术研究院有限责任公司, 江苏 昆山 215300; 4. 苏州紫金港智能制造装备有限公司, 江苏 昆山 215300)

摘要:针对数字化闭环制造过程中的零件质量检测环节,设计了一种应用于零件质量在机检测系统的无线检测终端。首先介绍了零件质量在机云检测系统架构,接着给出了无线终端的功能需求,然后介绍了终端的硬件模块选型、系统设计,软件模块和流程设计以及WiFi网络上位机配置软件。终端硬件部分以嵌入式STM32芯片为核心,集成了RS485现场通讯、WiFi和GRPS无线网络通讯等模块,软件部分封装了质量数据采集、数据格式处理、无线网络通讯、现场设备控制、GPIO接口等模块。研究表明,系统作为连接现场设备和云端服务器的关键部件,可以用于生产过程的零件质量数据采集和远程设备监控,实现云计算模式下的零件质量控制。

关键词:质量控制;在机检测;云检测;嵌入式系统;无线终端;数据采集

中图分类号:TH165+.4; TP216

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2017)04-0330-06

Wireless terminal for on-machine cloud measurement system of parts quality

XV Guan-hua^{1,2,3}, FU Jian-zhong¹, XV Yue-tong^{1,4}, LIN Zhi-wei¹

(1. Zhejiang Province Key Lab of Advanced Manufacturing Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;
2. Zhejiang University Kunshan Innovation Institute, Kunshan 215300, China; 3. Kunshan Industrial Technology Research Institute Co., Ltd., Kunshan 215300, China; 4. Suzhou Zijingang Intelligent Manufacturing Equipment Co., Ltd., Kunshan 215300, China)

Abstract: Aiming at the parts quality measurement process in the digital closed-loop manufacturing, a wireless terminal for on-machine measurement system of parts quality was designed. Firstly, framework of the on-machine measurement system was given, and functional requirements of the wireless terminal were presented afterwards. Then, hardware module selection and design, software module and workflow of the wireless terminal were introduced, and the PC configuration software of WiFi network was designed. With a core embedded STM32 chip, the terminal was composed of RS485 communication module, WiFi and GRPS wireless network communication modules, etc. The terminal software was composed of the quality data collection, data format processing, wireless communications networks, field equipment control and GPIO interface module, etc. The results indicate that, as a critical component in the connection of field equipment and cloud server, this terminal can be used for the parts quality data acquisition, remote equipment monitoring, and parts quality control based on the cloud computing technology.

Key words: quality control; on-machine measurement; cloud detection; embedded system; wireless terminal; data acquisition

收稿日期:2016-11-08

基金项目:中国博士后科学基金面上资助项目(2016M591799);江苏省自然科学基金青年基金项目(BK20150397)

作者简介:徐冠华(1986-),男,内蒙古鄂尔多斯人,博士,主要从事精密测量、机器人技术、多物理场耦合理论等方面的研究。E-mail:xgh_zju@163.com

通信联系人:傅建中,男,教授,博士生导师。E-mail:fjz@zju.edu.cn

0 引言

数字化制造的重要趋势是将生产的各个环节,如设计、加工、测量、质量分析和改进等,在统一的信息平台下进行有机集成,形成相互支持、相互反馈的闭环制造系统,其中加工过程的零件质量检测是实现制造系统闭环的纽带。目前,传统的离线测量方式已经不能满足系统对实时性的要求和自动化生产线高效高精度的测量要求,而在机检测技术在制造系统中将测量集成在一起,实现了加工过程中的自动测量,为实现闭环制造系统提供了一套行之有效的方法,对保证加工精度和降低废品率都具有重要的意义^[1]。随着信息化和工业化深度融合发展,物联网、无线网络和云计算技术的成熟,基于云计算模式的在机测量质量保障系统能够大幅提高检测效率和产品质量,降低产品成本和资源消耗,正在成为未来制造业企业的首选应用产品^[2]。

在机检测装置主要分为安装在机床内部和安装在自动化生产线上两类。目前虽然国内已有很多学者针对在机检测系统开展了研究,但大都集中于测量方法^[3-7]、数据处理^[8-9]及在线补偿方法^[10-14]等方面,鲜有学者尝试将现场检测数据与工业互联网相结合,具有大数据分析、远程诊断功能的在机检测系统还未见报道。零件质量在机云检测系统主要由在机测量传感装置、无线终端、服务器及云检测软件等部分组成,可以方便地嵌入基于工业互联网的数字化制造系统中,用于零件质量的在机检测,也可以用于远程生产过程及设备监控,实现云计算模式下的零件质量控制。

基于此,本研究提出一种应用于自动化生产线上的零件质量在机云检测系统,能够实现加工零件质量数据的现场采集、网络传输、云端存储、分析诊断等功能,从而实现生产过程的远程监控和零件产品的质量控制。

1 零件质量在机云检测系统介绍

零件质量在机云检测系统主要包括现场设备层、云端服务层及终端客户层,其总体架构如图1所示。现场设备层主要包括现场加工设备、在机测量传感装置、无线检测终端等部分;云端服务层主要包括服务器、数据库及云检测软件;终端客户层主要包括移动客户端和PC客户端监控软件。其中,无线检测终端用于实现现场检测数据的采集和服务层控制指令的下达,是实现现场设备和云端服务器连接的关键部件,本研究主要介绍其软、硬件设计。

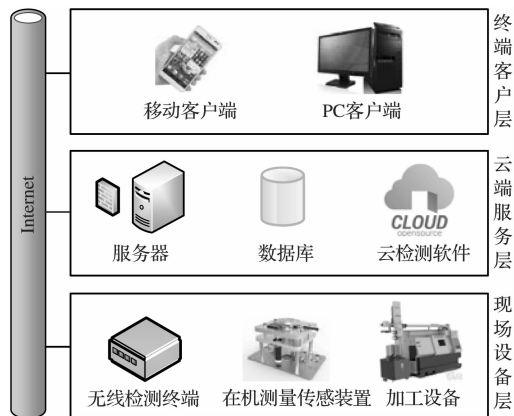


图1 零件质量在机云检测系统架构

2 无线终端功能需求分析

零件质量在机云检测无线终端以嵌入式系统为核心,一方面可以将质量数据通过无线互联网发送至云服务器,反馈零件加工质量数据,另一方面也可以将服务器下发的命令发送给现场设备,实现加工装置以及测量传感装置的远程控制。无线终端的功能需求主要包括:①现场设备运行参数、故障信息采集功能,实现定时采集设备的运行状态参数及故障信息;②数据格式处理功能,将采集到的运行状态参数或故障信息进行处理,整理成既定的上报给服务器的格式;③无线网络通讯功能,通过WiFi或GPRS无线网络,实现现场设备与服务器端的无线网络通讯;④现场设备控制功能,将服务器下发的控制指令进行解析,并通过数字量、模拟量或总线输出,实现现场加工装置以及测量传感装置的远程控制。

除了上述主要功能需求以外,还需考虑以下系统需求:①考虑到不同现场的WiFi网络接入点名称和密码不同,系统需配有WiFi网络接入点名称和密码的设置接口;②考虑不同应用现场设备种类、数量、接口不尽相同,系统需具备一定的可扩展性,预留一些输入输出模块的接口,以满足外围设备的信息采集和远程控制需求;③每台终端需要配有唯一的序列号,以便系统准确识别现场设备的类型、安装位置等身份信息,方便后续维护。

3 无线终端硬件设计

3.1 总体设计

零件质量在机云检测无线终端以ARM微处理器为核心,并且外围配备串口通讯接口、WiFi无线模块、GPRS无线模块等硬件。其硬件组成如图2所示。

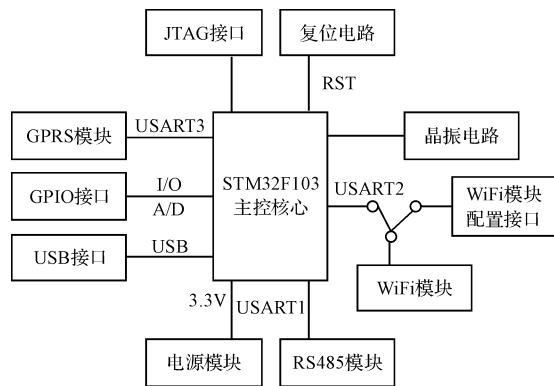


图2 无线终端硬件组成

无线终端硬件组成主要包括 JTAG 接口、WiFi 模块、GPRS 模块、RS485 通讯模块、WiFi 模块配置接口、USB 接口、GPIO 接口、电源、复位、晶振电路等。其中，JTAG 接口用于烧写 STM32 核心芯片程序；WiFi 模块和 GPRS 模块都通过串口与主控芯片通讯，实现无线网络通讯；RS485 模块用于连接在机测量传感装置进行通讯；WiFi 模块配置接口用于连接上位机进行 WiFi 网络配置，WiFi 模块可以自由切换其串口接口与主控芯片或配置接口的连接；USB 接口用于供电调试，GPIO 接口用于 A/D 采集、I/O 输入输出等；电源模块以及复位、晶振电路用于保证整个系统正常工作。

3.2 模块选型

3.2.1 主控芯片选型

本研究选择基于 ARM Cortex-M3 内核的 STM32F103 处理器为主控芯片，Cortex-M3 内核技术是 ARM 公司面向低成本、低功耗的嵌入式设备需求开发的强劲内核，该内核在系统架构上相较于一般的 ARM 内核在结构和性能上有很大的改善和提升。该芯片搭载 32 位 RISC 处理器，系统时钟频率可达 72 MHz，比相同主频的基于 ARM 的处理器要快 30% 左右^[15]，其最低功耗可以降到 2 μ A，是 32 位单片机家族内功耗最低、性价比最高的处理器^[16]，内部资源包括 32 KB ~ 512 KB 的 Flash、6 KB ~ 64 KB 的 SRAM、2 个 IIC 接口、5 个 USART 接口、3 个 SPI 接口、CAN 接口、USB 2.0 全速扩展接口、SDIO 接口及多个定时器。

3.2.2 WiFi 模块选型

该项目选用 WiFi 模块型号为 ESP8266-01，该模块拥有高性能 SOC，成本低，实用性强，是一个完整的自成体系的 WiFi 网络解决方案。ESP8266 芯片片上没有 ROM，只能从外部闪存中启动，该模块配有外部 Flash 存储数据，并且可以通过串口与外部主控芯片通讯，完成 WiFi 联网及数据传输功能。此外，该模块还具备透明传输功能，即只负责将数据传输到目标地址，

不对数据进行处理，发送方和接收方的数据内容、长度完全一致。

3.2.3 GPRS 模块选型

该项目选用 GPRS 模块型号为 SIM900 A，该模块是一款尺寸紧凑的 GSM/GPRS 模块，采用 ARM926EJ-S 架构，可以低功耗实现语音、SMS、数据和传真信息的传输。该模块最低功耗只有 1 mA，配有键盘、音频、麦克、SPI 显示接口、主串口、调试串口及可编程的 GPIO 接口，内部嵌有 TCP/IP 协议，传输速率为 1.2 Kbps ~ 115.2 Kbps，支持透明传输，可以通过串口与外部主控芯片通讯。

3.3 硬件总成

本研究基于上述选定的主控芯片及 WiFi、GSM 网络通讯模块，集成外围电源、晶振、复位、JTAG 接口、USB 接口、串口通讯等模块，完成了零件质量在机云检测无线终端的硬件开发，其硬件总成如图 3 所示。

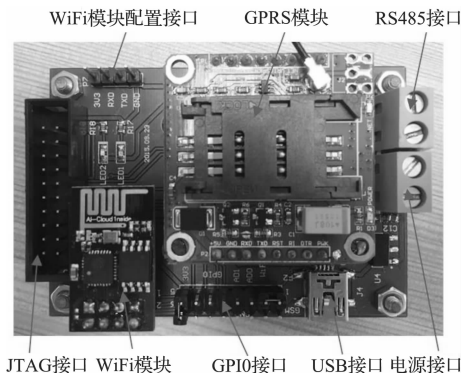


图3 无线终端硬件总成

4 无线终端软件设计

4.1 控制器软件总体设计

该项目开发的无线终端软件主要完成在机检测传感数据的处理，并将零件质量数据通过无线互联网发送至云服务器，实现零件加工质量数据的反馈。整个嵌入式软件由质量数据采集、数据格式处理、WiFi 网络通讯、GPRS 网络通讯、现场设备控制、GPIO 接口等模块组成，示意图如图 4 所示。

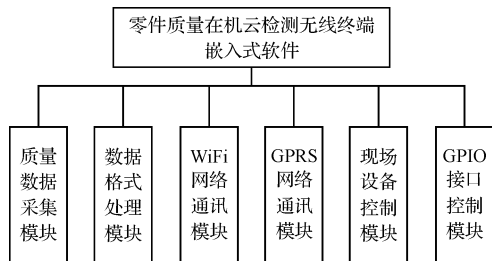


图4 无线终端嵌入式软件模块组成

质量数据采集模块主要通过 RS485 通讯接口与在机测量传感装置等现场设备通讯,采集传感器的输出信号及故障信息,完成零件关键尺寸的在机测量。数据格式处理模块将采集到的测量数据或故障信息进行处理,整理成既定的上报给服务器的格式,要求测量数据和故障信息的数据格式不同,以便服务器根据信息格式的不同直接识别传输的信息类型并作出相应处理。WiFi 网络通讯模块主要满足工业现场具有 WiFi 无线网络的场合,GPRS 网络通讯模块主要满足工业现场不具备 WiFi 无线网络的场合,二者均通过 STM32 微处理器控制,实现现场设备与云服务器的无线网络通讯。现场设备控制模块用于通过远程客户端、服务器及无线终端对在机测量传感装置或现场加工设备的参数进行配置,如设置测量模式、设定或读取预设值、

锁定现在值、设定原点等。GPIO 接口控制模块主要包括输入采集(A/D 和 I/O 输入信号采集)和输出控制等功能,可以用于一些外围设备的数据、状态采集和自动控制接口,以满足不同应用场合下现场设备的应用需求,如温度、振动等传感器的数字量、模拟量信号采集以及电磁阀控制等。

4.2 控制器软件流程设计

零件质量在机云检测无线终端嵌入式软件的整体处理流程如图 5 所示。首先,程序开始后进行初始化,主要包括 STM32 主芯片 GPIO 设置、系统时钟设置、中断初始化、看门狗初始化等步骤;接着利用 STM32 的唯一 ID 得出无线终端的唯一身份标识;然后进入循环执行部分,进行网络连接、信息采集、数据格式化、数据发送等功能。

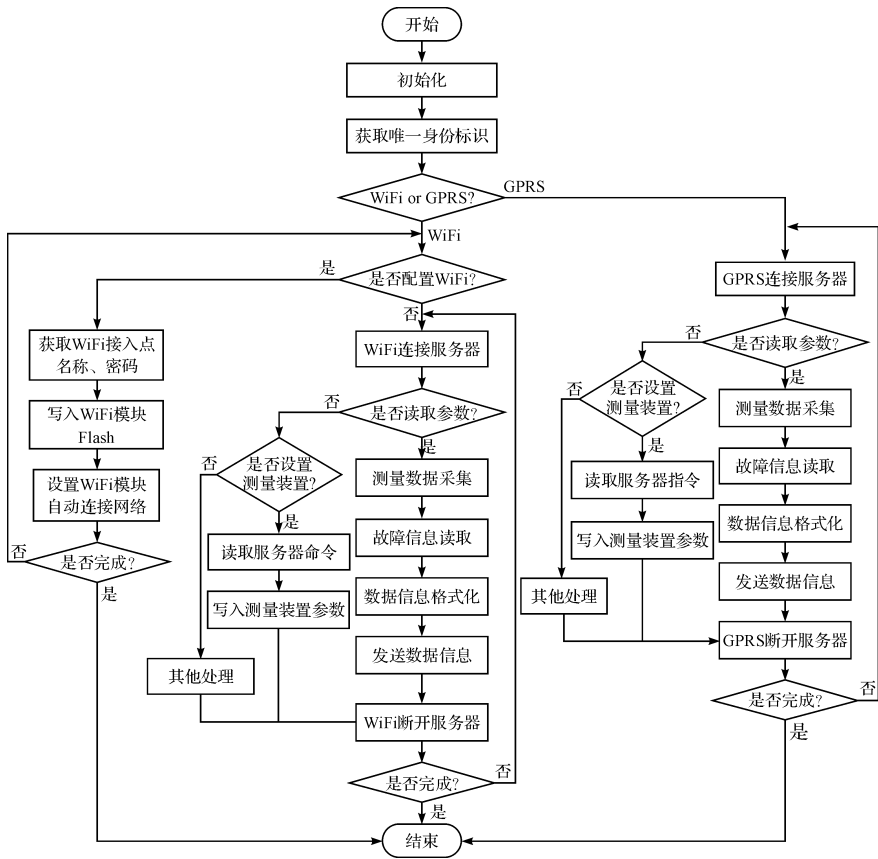


图 5 无线终端嵌入式软件流程图

当进入循环执行部分,主程序首先判断是通过 WiFi 还是 GPRS 连接网络,如果是通过 WiFi 连接网络,则首先判断是否需要配置 WiFi 接入点名称和密码。如果需要配置,则进入配置流程,通过串口命令获取 WiFi 网络的接入点名称和密码并将其写入 WiFi 模块的 Flash 中,然后设置 WiFi 模块为自动连接网络模式;如果不需要配置就直接进入数据读取和传输流程。如果是通过 GPRS 连接网络,则直接进入数据读取和

传输流程,因为 GPRS 模块上电后会自动连接通信运营商网络,无需考虑网络配置的问题。

无论通过哪种方式连接网络,其数据读取和传输流程是基本相同的。首先,程序连接云端服务器,然后判断是否需要采集测量数据,如果需要,则通过 RS485 接口读取传感器的位移数值,接着将读取到的信息整理成既定的数据格式(该格式如表 1 所示)并发送给服务器,然后断开服务器,准备进行下一个

循环;如果不需要采集测量数据,则判断是否需要设置测量装置或其他处理,如果需要设置,就读取服务器指令,并将服务器发过来的指令写入测量装置,然后断开服务器。

表 1 数据采集控制通讯指令格式

字段	指令码	参数分隔	指令参数 1	参数分隔	指令参数 2	…	参数分隔	指令参数 N	参数分隔	结束标识
字段内容	0x01 ~ 0x30	;	string	;	string	…	;	string	;	0xFF
字段长度(Byte)	1	1	可变	1	可变		1	可变	1	1

4.3 WiFi 模块配置软件设计

由于不同场合下,WiFi 网络的接入点名称和密码都不同,WiFi 网络必须在现场进行人工配置,将 WiFi 网络的接入点名称和密码发送给无线终端,再写入 WiFi 模块的 Flash 中。这样一方面可以实现 WiFi 模块自动连接无线网络,另一方面也可以保证在断电重启后不需要重新配置 WiFi 网络。配置时,只需要将 WiFi 模块的串口与主芯片 USART2 的连接断开,并与 WiFi 模块配置接口连接。本研究开发了计算机平台上运行的 WiFi 模块配置程序(界面如图 6 所示),只需人工将计算机的串口和无线终端的 WiFi 模块配置接口连接,在计算机上输入 WiFi 网络的接入点名称和密码即可完成配置。

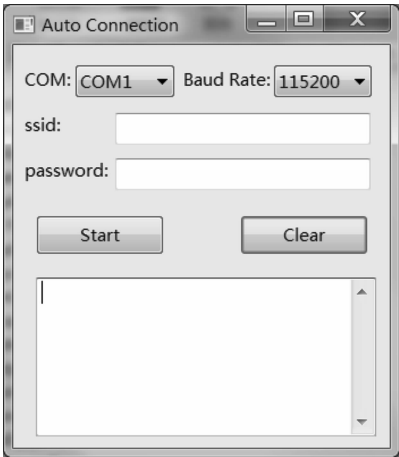


图 6 无线终端 WiFi 模块配置软件界面

表 2 WiFi 模块配置命令

序号	命令	功能
1	AT + CWJAP = "ssid", "password"	设置 WiFi 用户名 和密码
2	AT + CWMODE = 3	设置 WiFi 模块为 客户端模式
3	AT + CWAUTOCONN = 1	设置 WiFi 模块上电 自动连接网络

5 结束语

本研究提出了数字化制造系统中的零件质量在机云检测系统,主要介绍了无线检测终端的设计。首先给出了终端的功能需求,然后介绍了其硬件、软件设计以及上位机配置软件。系统集成现场总线、I/O 接口、A/D 采集以及 WiFi 和 GSM 网络通讯等信息传感技术,完成加工零件质量数据的现场采集及云端反馈,实现了云计算模式下的在机检测和零件质量控制。

本研究实现了现场设备和云端服务器的网络通信,然而,目前零件质量数据分析诊断的功能还尚未成熟,下一步应结合生产实际,对基于云计算的数据分析诊断方法和智能决策策略进行深入研究。

参考文献(References):

[1] 雷 沛,郑联语,徐景亮. 闭环制造中兼容 STEP-NC 的在机测量系统应用研究[J]. 计算机集成制造系统,2013,19(5):1025-1034.

[2] 袁诗海. 制造业物联网节点定位与位置路由算法研究[D]. 广州:广东工业大学自动化学院,2015.

[3] KAZMER D O, WESTERDALE S. A model-based methodology for on-line quality control[J]. **Intemational Journal of Advanced Manufacturing Technology**,2009,42(3-4):280-292.

[4] MEARS L, ROHT J T, DJURDJANOVIC D. Quality and inspection of machining operations: CMM integration to machine tool[J]. **Journal of Manufacturing Science and Engineering-Transactions of the ASME**,2009,131(5):611-623.

[5] TETI R, JEMIELNIAK K, O'DONNELL G. Advanced monitoring of machining operations[J]. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**,2010,59(2):717-739.

(下转第 415 页)

本文引用格式:

徐冠华,傅建中,徐月同,等. 零件质量在机云检测无线终端设计[J]. 机电工程,2017,34(4):330-334,415.

XV Guan-hua, FU Jian-zhong, XV Yue-tong, et al. Wireless terminal for on-machine cloud measurement system of parts quality[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2017,34(4):330-334,415.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>