

汽车四轮定位中蓝牙点对多点数据传输的实现

李金林, 王 鹏, 丁天怀*
(清华大学 精密仪器与机械学系, 北京 100084)

摘要: 为实现短距离内点对多点数据传输, 根据汽车四轮定位仪一主四从和单包数据不大于 16 Bytes 的要求, 基于蓝牙协议在 CSR 公司蓝牙软件开发环境 BlueLab 中实现了点对多点的无线数据传输, 并设计了一对四即插即用蓝牙无线数据透明传输模块。在实验室环境中对蓝牙模块进行了测试。结果表明, 该模块可完整接收发送端数据, 达到了四轮定位仪实时正确收发数据的要求。

关键词: 蓝牙协议; 串口配置文件; 点对多点; 无线数据传输; 四轮定位

中图分类号: TN92; TN914; TH877

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2011)12-1423-03

Implementation of point to multipoint data transmission based on bluetooth in wheel alignment

LI Jin-lin, WANG Peng, DING Tian-huai

(Department of Precision Instruments and Mechanology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: In order to achieve wireless point to multipoint data transmission in a short distance, according to the requirements of automotive wheel alignment that is one point to four points and the data packet is less than 16 Bytes, the achievement was realized based on the bluetooth protocol and BlueLab that is a bluetooth software development tool of CSR company, and a plug and play wireless bluetooth module was designed. The module was tested in the lab. The results show that the module can receive the complete data from the sender, meet the requirements of sending and receiving real-time data correctly in the wheel alignment system.

Key words: bluetooth protocol; serial port profile(SPP); point to multipoint; wireless data transmission; wheel alignment

0 引 言

四轮定位仪是用来测量汽车四轮定位参数的仪器。常用的定位仪数据传输大多采用有线方式, 存在线缆布局繁琐和使用空间受限等局限性。蓝牙无线传输不受障碍物和角度限制, 体积小, 极易添加到有线定位仪测量单元中, 以实现定位仪数据传输的无线化。汽车四轮定位仪是一台上位机对应四台下位机的一主多从检测系统, 因此其无线化需实现点对多点功能, 蓝牙技术可为此传感网络提供较好的解决方法^[1]。

目前, 蓝牙点对点的应用方案已有大量研究和应用^[2-3], 而点对多点的应用和解决方案较少, 文献^[4-7]提出了相应的点对多点应用方案, 通过修改连接管理

库(CM)的链路管理数据结构并以此为基础可实现蓝牙点对多点的无线传输功能。串行端口配置文件 SPP 定义了如何设置虚拟串行端口及连接两个蓝牙设备, 并提供以无线方式替代 RS-232 串行通信的方法。根据蓝牙协议规范可知, SPP 多服务方法也可实现蓝牙点对多点无线数据的透明传输, 以此为基础提出了另一种 SPP 多服务点对多点实现方法。与 CM 库为基础的方法相比, SPP 多服务方法以 SPP 库为基础, 技术更高级, 开发更简单。内嵌实现 SPP 多服务功能的软件后, 蓝牙模块可为汽车四轮定位仪等传输速率小于 128 KB/s 的系统提供无线数据传输解决方法。

本研究主要探讨汽车四轮定位中蓝牙点对多点数据传输的实现。

收稿日期: 2011-06-28

作者简介: 李金林(1984-), 男, 云南大理人, 主要从事测控技术方面的研究。E-mail: liveinthu@163.com

通信联系人: 丁天怀, 男, 教授, 博士生导师。E-mail: dlhj@mail.tsinghua.edu.cn

1 蓝牙技术和四轮定位系统

1.1 蓝牙技术

蓝牙技术应用简单、成本低廉、功耗低、抗干扰能力强、无线传输安全性强、体积小、组网灵活。蓝牙点对多点的无线模式中,多个蓝牙设备构成一个微微网(piconet),在微微网中最多有 8 个活动设备(1 个主设备和最多 7 个从设备)。

蓝牙协议栈包括底层硬件设备、中间协议层和高端应用层^[8]。中间协议层中的串口仿真协议(RFCOMM)基于 ETSI 标准 TS07.10 传输协议,在逻辑链路控制和适配协议层(Logical Control and Adaptation Protocol, L2CAP)上仿真 9 针 RS232 串口(仿真串口)的功能,是很多高层应用协议的基础。

1.2 无线四轮定位系统

汽车四轮定位系统主要由 4 个测量从端、上位机主端和数据传输模块构成。蓝牙无线四轮定位系统中的数据传输由蓝牙模块完成,系统工作示意图如图 1 所示。蓝牙主模块通过串口连接上位机,上位机检测程序的指令通过主模块发送到 4 个从端,4 个从端收到上位机指令后将相应测量数据回传至主模块,并交由上位机程序处理。

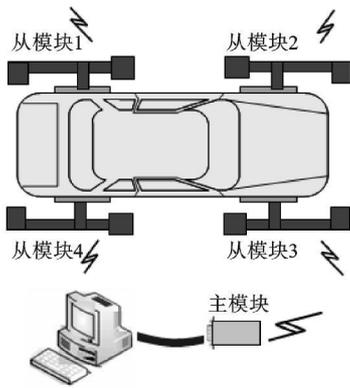


图 1 无线四轮定位系统

2 蓝牙点对多点模块

2.1 模块硬件构成

蓝牙模块的硬件构成框图如图 2 所示。硬件电路由英国 CSR(Cambridge Silicon Radio)公司符合蓝牙协议 2.0 规范的 BlueCore4-EXT(BC417143)系列芯片

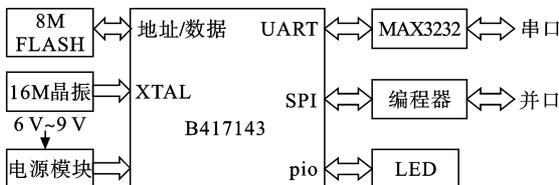


图 2 蓝牙模块的硬件构成框图

(BC04)和 8 M FLASH(SST39VF800A),以及其他一些外围电路元件组成。

BC04 最大传输距离可达到 100 m,支持点对点以及点对多点的传输模式,BC04 是整个系统的控制和信息处理中心,FLASH 中存储的蓝牙协议栈以及高层应用程序运行在 BC04 内部微处理器上。SPI 接口用来下载 BlueLab 编译的代码,也可以通过该接口向 FLASH 下载蓝牙固件映像(xpv,xdv 文件),UART 接口通过 MAX3232 经电平转换后直接与主机串口通信,LED 通过对 PIO 口的电平检测指示蓝牙模块的工作状态。

2.2 模块软件设计

2.2.1 总体设计

主、从蓝牙模块硬件结构完全相同,区别在于模块内嵌软件。从模块只需实现点对点功能,而主模块须实现连接多个从模块的功能,设计的重点和难点在于主模块内嵌软件。蓝牙主模块的软件在协议栈结构中 RFCOMM 层之上实现,包括 BlueLab 开发环境中连接库(Connection Library,CL)和 SPP 库的相关更改,以及主控程序的设计。

SPP 只要求单时隙分组,而且只能处理一条链接,但是在一个设备上可以同时运行多个 SPP 进程^[9],因此蓝牙模块可以同时处理多条链接。主模块高层应用软件主要包括 LED 状态指示程序(LedTask_Handler())、应用层程序(AppTask_Handler())、链路和数据通道建立程序(SppTask_Handler())。链路和数据通道建立程序中包括多个 SPP 进程,从而实现主模块连接不多于 7 个从模块的功能。主模块查询从模块并发起连接请求(inquire & connect),从模块响应主模块的查询及连接请求。

2.2.2 软件实现

为实现主模块连接多个从模块,在 BlueLab 库的基础上需修改部分接口函数,以满足不同 SPP 进程连接从设备的要求。主、从模块在链路和数据通道建立过程中,不同链路通过信道号进行区分,因此在 SPP 库中需对有关函数进行相应处理,这是不同从模块与主模块建立连接的基础。在应用层程序中,定义了不同的 SPP 任务(Task),用来表征不同的 SPP 服务。在 BlueLab 中每个任务都有自己的消息堆栈,任务只处理本堆栈中的消息,每个 SppApp(SPP 结构体变量)在 主控程序中都有各自的任务处理函数。主程序和任务处理函数调用子函数,子函数通过消息方式通知主程序和任务处理函数执行结果。在主要的任务及程序中,bluestack_handler 处理由协议栈 bluestack 收到的消息,并将处理后的消息分配到各自处理函数;

rfc_handler 实现所有的 RFCOMM 连接实体处理函数消息的传递,包括 bluestack 上传和下传的 RFC 消息; spp_profile_handler 处理 SPP 库的消息; spp_connect_handler 专门用来处理 SPP 的连接消息。无线链路成功建立后,模块 UART 的数据接收 sink 和链路的数据发送 source、UART 的 source 和链路的 sink 之间将建立起数据通道,实现数据在蓝牙模块内部的“流传输”。

LedTask_Handler()与 SppTask_Handler()之间通过查询的方式监测状态,设定一个全局变量用来表征当前微微网中模块工作状态,LedTask_Handler()定时查询 SppApp 执行结果,并通过 LED 灯指示当前模块状态。鉴于模块稳定工作的重要性,模块内嵌软件尽量避免使用全局变量定时查询的方式,SppTask_Handler()与连接库(CL)以及与上层应用程序之间均采用消息方式。在 SPP 任务中自定义消息内容来区分 SPP 的运行状态,消息通过函数 MessageSend(task,state,0)传递。

在本研究中,蓝牙模块内部设计了模块重启(Reset)电路,模块上电即可实现系统重启。硬件初始化成功后进入软件流程,工作状态下的软件流程如图 3 所示。

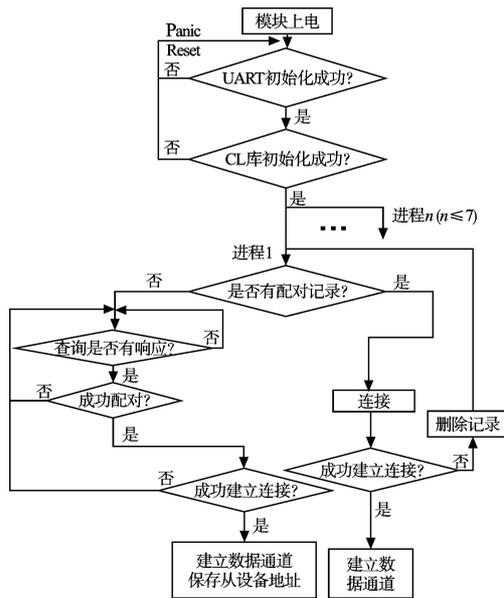


图 3 主模块的软件流程图

3 蓝牙模块测试

BC04-EXT 的片上 RAM 只有 48 KB^[10],因此片内程序在设计时只给数据收发程序预留了 5 KB 的缓存,理论上当发送端发送的单包数据大于 5 KB 时,接收端只能接收到前 5 KB 的数据。

蓝牙模块的单机测试在实验室中通过 PC 机提供的硬件和串口调试工具完成,主从模块相距约 10 m,中间有电脑和桌椅等障碍物。单机测试模式有主模块

同时向 4 个从模块发送数据(模式 1)和单一从模块向主模块发送数据(模式 2)两种,每种模式在 3 种波特率条件(9.6 k、38.4 k 和 115.2 k)下分别进行。波特率为 115.2 k 时模式 1 的测试结果如表 1 所示。表 1 中从模块 1 的数据接收结果如图 4 所示。主模块单包发送数据小于 5 KB 时斜线斜率为 1,从模块可完整接收到主模块数据,大于 5 KB 时从模块只能接收到前 5 KB 的数据,与理论设计相符。通过测试还可知,不同波特率只影响数据接收速率而对接收结果无影响,模式 2 中每个从模块发送数据时主模块的接收结果与图 4 相同。

表 1 模式 1 测试结果

主模块数据	128 B	512 B	1 KB	2 KB	3 KB	4 KB	5 KB	6 KB
从模块 1 数据	128 B	512 B	1 KB	2 KB	3 KB	4 KB	5 KB	5 KB
从模块 2 数据	128 B	512 B	1 KB	2 KB	3 KB	4 KB	5 KB	5 KB
从模块 3 数据	128 B	512 B	1 KB	2 KB	3 KB	4 KB	5 KB	5 KB
从模块 4 数据	128 B	512 B	1 KB	2 KB	3 KB	4 KB	5 KB	5 KB

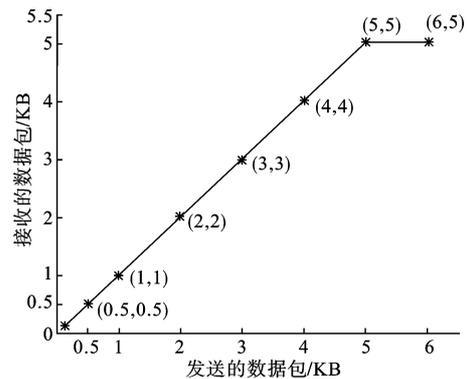


图 4 模式 1 中从模块 1 的数据接收结果

蓝牙四轮定位系统的测量主板上安装了蓝牙模块,主板和相关机械结构安装于测量臂铝制外壳内,外壳侧面有小孔阵列,该四轮定位系统最大单次发送



图 5 蓝牙四轮定位系统测试

6 结束语

基于虚拟技术和测试手段的不断发展,本研究提出一种扭振减振器性能检测试验台,通过高性能的传感器及信号采集装置,对扭振激励装置的输出进行测量;系统的控制及分析基于 LabVIEW 的图形化语言开发。本研究采用高频计数法采集测速齿盘单个齿经过传感器时的高频脉冲数目,提高瞬时转速的测量精度,通过两侧测速齿盘的初始脉冲数目对测速齿盘初始位置进行标定,保证相对扭角的同时性。本研究在 800 r/min 转速下进行了多次测量,分析结果表明台架具有较高的分辨率,能够满足扭转振动的测试需求。通过实验台架地测试,大大减低了车载减振器实验的危险,也极大地提高了检测的效率。工程应用中,该试验台不仅可用于检测减振器的匹配性能,也可利用此台架测试扭振减振器的性能参数,具有实际的应用价值。

参考文献(References):

- [1] 李松和. 内燃机曲轴轴系扭振数字化测试系统[D]. 杭州:浙江大学机械工程学系,2005:21-52.
- [2] 郝志勇,黎家玲,薛远,等. 内燃机轴系扭振模拟装置的研究与应用[J]. 内燃机工程,1991,12(1):74-79.

- [3] 张晓玲,沈韶华,谷文港. 基于虚拟仪器的转子扭振特性测试系统研究[J]. 机械设计与研究,2007,10(23):77-79.
- [4] 李渤仲,陈之炎,应启光. 内燃机轴系扭转振动[M]. 北京:国防工业出版社,1984.
- [5] 夏用源,张阿舟. 机械振动问题的计算机解法[M]. 北京:国防工业出版社,1993.
- [6] 程耀东. 机械振动学[M]. 杭州:浙江大学出版社,1999.
- [7] 何渝生,沈鹤千. 测量硅油减振器阻尼的共振法[J]. 重庆大学学报,1980,2(1):64-78.
- [8] ZHANG X, YU S D. Torsional vibration of the crankshaft in an engine-propeller nonlinear dynamical system [J]. **Journal of Sound and Vibration**,2009,319(1-2):491-514.
- [9] LEE B, RIZZONI G, GUEZENNEC Y, et al. Engine control using torque estimation[N]. SAE Technical Paper Series, 2001-01-0995,2001.
- [10] 陈小梅,基于磁流度原理的汽车减振器控制系统研究[J]. 机电技术,2010(4):20-23.
- [11] STMAN F, TOIVONEN H T. Active torsional vibration control of reciprocating engines [J]. **Control Engineering Practice**,2008,16(1): 78-88.
- [12] SCHMIDT M, KIMMICH F, STRAKY H, et al. Combustion supervision by evaluating the crankshaft speed and acceleration [N]. SAE Technical Paper Series, 2000-01-0558, 2000.

[编辑:张翔]

(上接第 1425 页)

数据量为 16 B。本研究在实验室中对蓝牙四轮定位系统进行了测试,定位系统与主模块相距约 10 m,中间有电脑和桌椅等障碍物。测试通过 VB 编写的串口测试工具完成,波特率为 115.2 k。测试工具指令发送窗口中写入指令,主模块将指令发送至 4 个从端,从端的回传数据显示在调试工具的数据接收窗口,其过程如图 5 所示。1#~4# 后显示的数据分别表示 4 个测量从端的回传数据。由此可见,回传数据正确有效。

4 结束语

本研究提出的基于蓝牙协议的 SPP 多服务方法是可行的。所设计的蓝牙模块在单包数据小于 5 K 时,不同波特率条件下均可正确收发数据。系统测试结果表明,蓝牙模块完全满足汽车四轮定位仪的使用要求,并可用于其他类似的无线传感网络,具有一定的实用价值。

参考文献(References):

- [1] SOO-HWAN C, BYUNG-KUG K, JINWOO P, et al. An implementation of wireless sensor network[J]. **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, 2004, 50(1):236-244.

- [2] 盛贺斌. Aml 环境下基于蓝牙的感知网络及其协议设计[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学计算机科学与技术学院,2008.
- [3] 钱志鸿,杨帆,周求湛. 蓝牙技术原理、开发与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [4] 李志军,张智勇,刘付刚. 基于蓝牙技术的汽车四轮定位系统无线化设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用,2010(4):77-79.
- [5] 孙炎森. 基于蓝牙标准的点到多点音视频传输技术的研究与设计[D]. 北京:北京工业大学计算机学院,2009.
- [6] 施荣. 嵌入式无线传输协议及其在 iHome 系统中应用的研究[D]. 南京:东南大学信息科学与工程学院,2004.
- [7] 李宏,谢政,徐志辉,等. 基于蓝牙开发平台的无线通信课程设计的拓展与实践 [J]. 电气电子教学学报,2006,28(5):4-7.
- [8] Specification of the Bluetooth System:Bluetooth Specification Version 2.0 + EDR[S]. Bluetooth SIG,2004.
- [9] Bluetooth Specification Version 1.1 Part K:5:Serial Port Profile[S]. Bluetooth SIG,2001.
- [10] Cambridge Silicon Radio Ltd. BlueCore4-External Product Data Sheet book [EB/OL]. [2005-07-27]. http://d.download.csdn.net/download/1663838/windy_vivian.

[编辑:罗向阳]