

联合收获机导航数据采集系统设计*

张美娜 尹文庆 钱 燕 冯学斌

(南京农业大学工学院, 南京 210031)

【摘要】 基于联合收获机导航数据的多样性,设计了一种双串口结合 CAN 总线的分布式控制网络,采用多线程编程技术解决实时性和多任务的处理要求,设计了软件平台工作流程,制定了有效可靠的 CAN 总线通信协议。系统主要采集车辆的 GPS 定位信息、车辆姿态信息、车辆行驶速度以及前轮的转角。试验表明,系统工作正常,通信可靠,能够实现导航数据的实时采集。

关键词: 联合收获机 导航 数据采集 CAN 总线

中图分类号: TP274+.2; S225.31 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)S0-0117-05

Design of Navigation Data Collecting System for Combine Harvester

Zhang Meina Yin Wenqing Qian Yan Feng Xuebin

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China)

Abstract

In order to meet the need of multi-sensor information collection in the autonomous navigation control system for combine harvester, an information collection control network was designed. A distributed control network with two serial ports and CAN bus was designed. Two serial ports were used to collect the data from the GPS and the inertial sensor. Multi-threading programming technology could satisfy the need of the real time and multi-tasking. The CAN bus communication protocol was designed to make the network ordered and reliable. The experiment results showed that the system worked well and the communication between the sensors to the PC was reliable.

Key words Combine harvester, Navigation, Data acquisition, CAN bus

引言

农业机械自主导航技术主要包括:导航传感器、路径规划、车辆模型的建立和路径跟踪控制^[1]。其中,导航传感器主要提供车辆位置、航向及车辆当前状态(速度、车轮位置)等,是进行自主导航的基础。目前,导航信息获取传感器主要包括机械接触式、机器视觉、GPS 以及磁罗盘,但用单一传感器感知导航信息很难满足自主车辆导航系统的要求,采用多传感器融合技术能够有效提高系统的精度和可靠性^[2~4]。可见,在农业机械自主导航控制中需要的传感器数量多、种类多,这就对系统的数据采集网络提出了更高的要求。

CAN 总线(controller area network,即控制器局域网)是国际上应用最广泛的现场总线之一。它具有成本低、可靠性高、数据出错率低、数据传输距离长(达 10 km)、数据传输速率高(达 1 Mb/s)、采用双绞线差动方式进行通信和很强的抗干扰能力等特点,被广泛应用于汽车计算机控制系统。将 CAN 总线应用到农业机械自主导航系统中,具有可行性和优越性^[5~8]。本文设计的联合收获机导航数据采集系统,由于检测数据的多样性,系统设计为双串口结合 CAN 总线的分布式控制网络。

1 系统总体设计

系统主要检测联合收获机的导航数据,包括

收稿日期: 2011-08-15 修回日期: 2011-09-13

* 南京农业大学青年科技创新基金资助项目(KJ2010032)

作者简介: 张美娜,博士生,主要从事农业机械自主导航研究,E-mail: zmnll22@163.com

通讯作者: 尹文庆,教授,博士生导师,主要从事现代检测与控制技术研究,E-mail: yinwq@njau.edu.cn

GPS 定位信息、车辆姿态信息、车辆行驶速度以及前轮的转角。系统应用双串口结合 CAN 总线的分布式控制网络,其中 CAN 总线网络采用二级分布式结构。检测终端计算机加上扩展的外围设备(GPS 模块、惯性传感器模块和 USBCAN - I 接口卡)组成 CAN 主节点。车辆速度采集节点,左、右前轮转角采集节点为 3 个独立的 CAN 从节点。主、从节点通过屏蔽双绞线相连进行通信,每个 CAN 从节点都由 CAN 收发器、CAN 控制器、单片机、传感器及外围电路组成。系统的结构框图如图 1 所示。

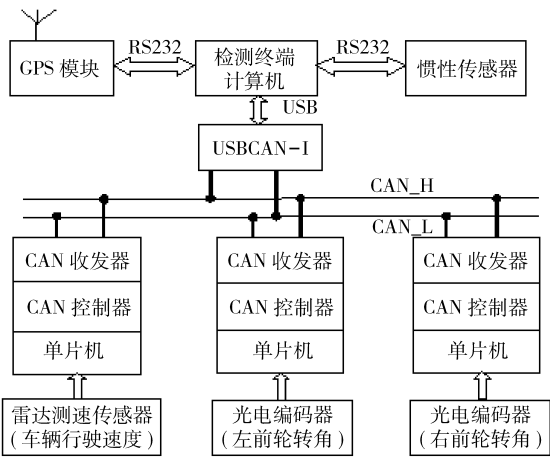


图 1 系统结构框图
Fig.1 Structure diagram of system

GPS 模块选用 RTK - DGPS 系统接收机,其数据输出频率为 20 Hz,波特率 115 200 b/s,差分定位的相对距离精度可达 6 mm (每公里误差 1 mm),相对高度精度可达 12 mm (每公里误差 2 mm)。若设定联合收获机行驶速度为 1 m/s,定位精度可达厘米级。选用的惯性传感器输出频率为 25 Hz,波特率为 38 400 b/s。速度传感器采用基于多普勒效应的多普勒雷达测速传感器,测速范围为 0.53 ~ 107 km/h,测速误差在 $\pm (1\% \sim 3\%)$ 范围内。左、右前轮的转角测量采用欧姆龙 E6B2 - CWZ6C 型旋转编码器,分辨率为每圈 1 000 个脉冲,测试精度为 0.36°。USBCAN - I 接口卡接口为总线 USB 1.1 (数据传输速率 12 Mb/s),CAN 总线通信波特率在 5 kb/s ~ 1 Mb/s 之间任意可编程。

2 系统软件设计

检测终端计算机的软件平台向操作者提供良好的人机交互界面,使用 Visual Studio 2005 开发环境,基于 MFC 框架(Microsoft Foundation Class Library)下开发,该界面主要显示联合收获的导航数据,如图 2 所示。各 CAN 从节点的程序设计使用 Keil uVision 3 进行开发。

软件平台应用程序需要执行多项任务,为避免某项任务长时间占用 CPU,采用多线程编程能够有效解决实时性和多任务处理的要求。通过对系统的分析,将程序分为主线程、惯性传感器串口监视线程、GPS 串口监视线程以及 USBCAN - I 设备通信线程,系统自行分配各个线程占用 CPU 的时间。其中,对于串口通信来说,对于每个串口对象,只有一个缓冲区,发送和接收都要用到,因此必须建立同步机制,使同一时间只能进行一种操作。Win32 API 提供了多种同步控制对象来解决这样的共享资源访问冲突问题。系统采用事件对象解决串口通信中读写串口的操作。



图 2 检测终端计算机的软件平台界面
Fig.2 Software interface

2.1 软件平台工作流程

检测终端计算机软件平台程序流程图如图 3a 所示,主程序开始后,惯性传感器、GPS 模块和 USBCAN - I 设备分别进行初始化,若初始化不成功则调整参数后重新初始化设备;若均初始化成功,程序通过串口读取惯性传感器与 GPS 模块的数据,分别按照其报文的编码规则进行解码并显示。对于 CAN - Bus 通信网络,USBCAN - I 设备初始化成功后将等待各 CAN 从节点的状态反馈,若有一个节点状态反馈失败,则相应的节点出现故障,检测维修后重新初始化 USBCAN - I 设备;若各 CAN 从节点均工作正常,CAN 主节点定时 50ms 向 CAN 从节点发送远程帧请求获取传感器数据,然后等待数据到达,CAN 主节点按优先级顺序接收到数据后,主程序按照 CAN 从节点报文编码规则进行解码并显示。

CAN 从节点程序流程图如图 3b 所示,程序开始后进行单片机初始化和中断设置,A/D 模块初始化。然后,进行 CAN 控制器的初始化,即单片机对 CAN 控制器内部控制段中的一些寄存器传送初始化参数,以保证系统各部分之间能进行正确的数据交换。初始化后,各 CAN 从节点向总线上发送状态信息帧“OK”,报文发送时只需将等待发送的数据按特定格式组合成一帧报文,送入 CAN 控制器的发送缓冲区中,然后启动 CAN 控制器发送即可。若各 CAN 从节点均工作正常,则等待 CAN 主节点的请求。接收子程序采用中断的方式(图 3c),如果 CAN

控制器已经接收一个报文,而且报文已通过验收滤波器并放在接收缓冲区中,那么会产生一个接收中断,单片机控制器能够立刻作用,将收到的报文发送

到自己的报文存储器,然后释放接收缓冲器。当产生接收中断后,调用传感器数据采集子程序,然后进行相应的编码,送入发送缓冲区发送。

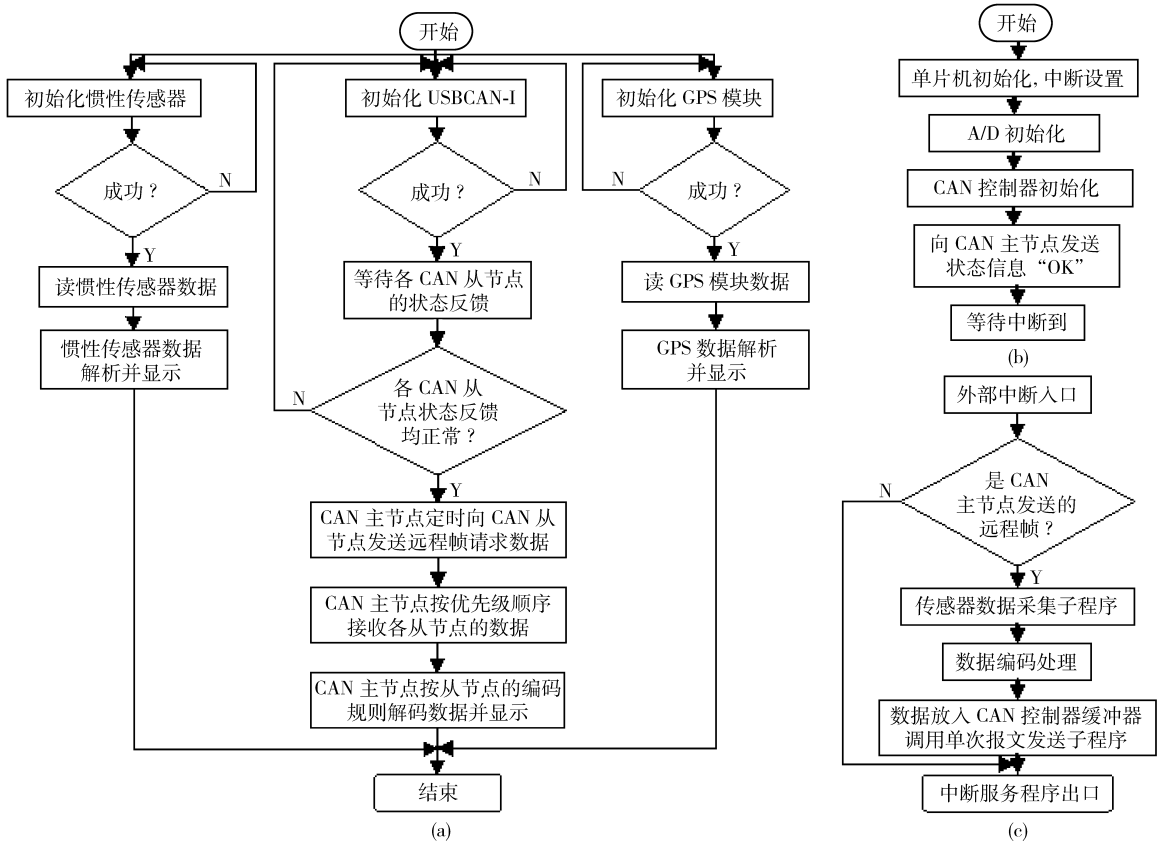


图 3 软件平台程序流程图

Fig. 3 Program flow chart of software platform

(a) 检测终端计算机软件平台程序 (b) CAN 从节点主程序 (c) CAN 节点中断服务程序

2.2 CAN 总线通信协议

本系统中的 CAN 总线网络共有 4 个节点,1 个主节点和 3 个从节点,虽然数量不多,但考虑到系统的扩展需要,系统采用 PeliCAN 模式和扩展帧报文格式,总线波特率设定为 125 kb/s。

CAN 总线网络中的报文不包含源地址或目标地址,仅用标识码(ID)来指示功能信息和优先级信息。ID 就像信息的名字一样,在 CAN 总线通信网络中起 2 个关键作用:①指示该报文的优先级信息。CAN 总线采用非破坏性总线仲裁技术,即当多个节点同时向总线发送信息时,优先级低的节点会主动退出发送,而最高优先级的节点可不受影响地继续传输数据,从而大大节省了总线冲突仲裁时间,ID 的值越低优先权越高。②在 CAN 节点发送报文到目标节点时,若要目标节点能够接收到此报文并产生接收中断,发送报文中的 ID 必须通过目标节点的验收滤波器才能放在接收缓冲区中。可见,报文 ID 的设置在报文发送过程中起决定性作用,扩展帧格式 ID 占 4 个字节,系统的 ID 分配表如表 1 所示。

由于系统软件流程的规定,主节点不会与 3 个从节点同时向总线发送报文,因此这里的主节点不设置优先级。主节点 ID 中的“*”代表不确定的值,“*”要根据从节点的验收滤波器进行设置。CAN 主节点只向从节点发送远程帧,因此帧信息设置为 0xC0,没有数据位;CAN 从节点发送的都是数据帧,因此帧信息设置为 0x88,8 位数据字节则根据具体的 CAN 从节点报文的编码规则进行填充。

CAN 总线网络中的另一个关键是验收滤波器的设置,它决定了该节点能够接收带有什么 ID 的报文,主要在报文接收过程中起决定性作用。验收滤波器由验收代码寄存器(ACR)和验收屏蔽寄存器(AMR)组成。在复位模式下,通过设置 ACR 的值来确定接收具有什么 ID 的报文;AMR 用于定义哪些验收编码寄存器位对报文滤波是相关的,哪些位对报文滤波不相关。AMR 的某一位 AMR^x 为 0 时,只有报文的标识符和相应的 ACR^x 完全一致才能被接收;当 AMR 的某一位 AMR^x 为 1 时,相应的报文标识符位为任何值都能被成功接

收^[9~10]。ACR 和 AMR 各占 4 个字节,本系统应用单滤波模式,验收滤波器的设置如表 2 所示。主节点的 ACR 和 AMR 的各位均设置为 1,即主节点

无条件的接收在总线上的任何报文,而另外 3 个从节点则只能接收那些与自身验收滤波器相符合的报文。

表 1 ID 分配表
Tab.1 ID distribution

节点名称	帧信息 (字节 1)	ID1 (字节 2)	ID2 (字节 3)	ID3 (字节 4)	ID4 (字节 5)	优先级
主节点	0xC0	0x00	0x0*	0x00	0x00	
车辆速度	0x88	0x00	0x00	0x01	0x00	高
左前轮转角	0x88	0x00	0x00	0x02	0x00	次高
右前轮转角	0x88	0x00	0x00	0x04	0x00	次高

表 2 验收滤波器设置
Tab.2 Configuration of acceptance filters

节点名称	验收代码寄存器 (ACR)				验收屏蔽寄存器 (AMR)			
	ACR0	ACR1	ACR2	ACR3	AMR0	AMR1	AMR2	AMR3
主节点	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF
车辆速度	0x00	0x01	0x00	0x00	0xFF	0x00	0xFF	0xFF
左前轮转角	0x00	0x02	0x00	0x00	0xFF	0x00	0xFF	0xFF
右前轮转角	0x00	0x04	0x00	0x00	0xFF	0x00	0xFF	0xFF

3 数据采集试验

数据采集试验在南京农业大学工学院内进行。课题研究初期,以电动越野车为试验平台进行数据采集(图 4)。车辆运行期间某一时刻采集到的相关传感器数据如表 3 所示。试验表明,各传感器工作正常,CAN 总线通信可靠,串口通信正常,检测终端计算机界面显示正常。



图 4 试验平台
Fig.4 Test platform

4 结论

(1)采用双串口结合 CAN 总线的分布式控制网络,可以实现联合收获机自主导航控制系统中多

表 3 传感器数据
Tab.3 Data of sensors

设备名称	参数	数值
GPS 模块	经度/(°)	118.694 990 790
	纬度/(°)	32.133 656 591
	高度/m	7.8
惯性传感器	滚动角/(°)	5.856
	倾斜角/(°)	0.275
	侧滑角/(°)	168.201
	X 方向角速率/(°)·s ⁻¹	0.08
	Y 方向角速率/(°)·s ⁻¹	0
	Z 方向角速率/(°)·s ⁻¹	0.02
雷达测速传感器	速度/km·h ⁻¹	3.62
光电编码器	左前轮转角/(°)	0.72
	右前轮转角/(°)	0.36

种导航数据的采集。
(2)多线程编程能使检测终端计算机上的应用程序同时执行多项任务,满足实时性和多任务处理的要求。
(3)CAN 总线通信协议的制定可保证整个 CAN 总线网络有序、可靠地进行数据传输和通信。

参 考 文 献

1 Reid J F, Zhang Q, Noguchi N, et al. Agricultural automatic guidance research in North America [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2000, 25(1~2):155~167.
2 周俊,姬长英. 自主车辆导航系统中的多传感器融合技术[J]. 农业机械学报,2002,33(5):113~116.

- Zhou Jun, Ji Changying. Multi-sensor fusion in navigation of autonomous vehicle [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002, 33(5):113 ~ 116. (in Chinese)
- 3 张智刚, 罗锡文. 农业机械导航中的航向角度估计算法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(5):110 ~ 114.
Zhang Zhigang, Luo Xiwen. Adaptive weighted fusion algorithm for orientation evaluation of agricultural machinery [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(5):110 ~ 114. (in Chinese)
- 4 张漫, 周建军, 籍颖, 等. 农用车辆自动导航定位方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(增刊 2):74 ~ 77.
Zhang Man, Zhou Jianjun, Ji Ying, et al. Positioning method for automatic navigation of agricultural vehicle [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(Supp. 2):74 ~ 77. (in Chinese)
- 5 安秋, 姬长英, 周俊, 等. 基于 CAN 总线的农业移动机器人分布式控制网络[J]. 农业机械学报, 2008, 39(6):123 ~ 126.
An Qiu, Ji Changying, Zhou Jun, et al. Distributed control network for CAN-based autonomous agricultural robot [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(6):123 ~ 126. (in Chinese)
- 6 胡炼, 罗锡文, 张智刚, 等. 基于 CAN 总线的分布式插秧机导航控制系统设计[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12):88 ~ 92.
Hu Lian, Luo Xiwen, Zhang Zhigang, et al. Design of distributed navigation control system for rice transplanters based on controller area network [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(12):88 ~ 92. (in Chinese)
- 7 纪朝凤, 刘刚, 周建军, 等. 基于 CAN 总线的农业车辆自动导航控制系统[J]. 农业机械学报, 2009, 40(增刊):28 ~ 32.
Ji Chaofeng, Liu Gang, Zhou Jianjun, et al. Automatic guidance system of agricultural vehicles based on CAN bus [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Supp.):28 ~ 32. (in Chinese)
- 8 魏新华, 李耀明, 陈进, 等. 联合收割机工作过程智能监控装置的系统集成[J]. 农业工程学报, 2009, 25(增刊 2):56 ~ 60.
Wei Xinhua, Li Yaoming, Chen Jin, et al. System integration of working process intelligent monitoring and controlling devices for combine harvester [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(Supp. 2):56 ~ 60. (in Chinese)
- 9 赵先雷. 基于 CAN 总线轮式农业移动平台通讯子系统的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
Zhao Xianlei. A study on communication subsystem of the agricultural wheeled mobile platform based on CAN-bus [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2007. (in Chinese)
- 10 王友权, 周俊, 姬长英, 等. 基于自主导航和全方位转向的农用机器人设计[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7):110 ~ 113.
Wang Youquan, Zhou Jun, Ji Changying, et al. Design of agricultural wheeled mobile robot based on autonomous navigation and omnidirectional steering [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(7):110 ~ 113. (in Chinese)
-

(上接第 116 页)

- 5 束长宝, 蒋步军, 范立旻, 等. PLC 应用实践[M]. 南京: 东南大学出版社, 2008.
- 6 陈进, 李耀明, 季彬彬. 联合收获机喂入量测量方法[J]. 农业机械学报, 2006, 37(12):76 ~ 78.
Chen Jin, Li Yaoming, Ji Binbin. Study on measurement method of combine feed quantity [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(12):76 ~ 78. (in Chinese)
- 7 Wilson J N, Klassen N D. Sensor requirements for combine harvester control [J]. SAE Transactions, 1991, 100(2):239 ~ 247.
- 8 van Quekelberghe, Eric P J. Grain sensor arrangement for an agricultural harvester: US, 6524183 [P]. 2003-02-25.
- 9 李耀明, 丁为民, 陈进. 梳脱式联合收获机脱粒输送装置自动控制系统[J]. 农业机械学报, 2004, 35(5):86 ~ 89.
Li Yaoming, Ding Weimin, Chen Jin. Automatic controller for threshing and transporting devices of stripping combine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(5):86 ~ 89. (in Chinese)
- 10 丁玉美. 数字信号处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- 11 周秀君, 邓榆林. 基于 PLC 的高可靠性电机测速系统设计[J]. 微电机, 2008, 41(6):62 ~ 63.
Zhou Xiujun, Deng Yulin. High reliability of rotation speed measuring system based on PLC [J]. Micromotors, 2008, 41(6):62 ~ 63. (in Chinese)
- 12 呼秀山, 钱利民, 李迎春. 一种基于 PLC 开关量输入单元的转速信号测量方法[J]. 微计算机信息, 2006, 22(13):4 ~ 6.
Hu Xiushan, Qian Limin, Li Yingchun. The approach measuring rotate speed with digital I/O input unit of PLC [J]. Microcomputer Information, 2006, 22(13):4 ~ 6. (in Chinese)
- 13 毛罕平, 倪军. 阵列式压电晶体谷物损失传感器有限元分析与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(12):123 ~ 126.
Mao Hanping, Ni Jun. Finite element analysis and measurement for array piezocrystals grain losses sensor [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(12):123 ~ 126. (in Chinese)