

# 基于 CAN 总线技术的车门控制系统

胡 浩, 闫英敏, 陈永利

(军械工程学院 电器工程系, 河北 石家庄 050000)

**摘要:** 针对传统汽车信息显示系统显示精度不高、显示信息量少、扩展性能差的问题, 对现场总线 CAN-Bus 协议和 SAE J1939 协议进行了细致的分析和研究, 探讨了 CAN 总线协议规范的物理层定义和数据链路层信息帧格式。研究了 J1939 协议的网络体系结构及其通信协议的具体实现, 并把它们应用于车辆综合信息显示系统的仿真设计过程中; 在虚拟设计过程中, 使用总线仿真软件 CANoe 建立了四节点的车辆综合信息显示系统, 定义了网络节点, 创建了车辆信息报文数据库, 编辑了虚拟面板, 编制了 CAPL 程序, 模拟了部分车辆功能, 以软件仿真的形式虚拟设计了车辆综合信息显示系统。研究结果表明, 基于 J1939 协议的车辆综合信息显示系统可模拟车辆运行过程中各部件的工作状态信息以及道路环境信息, 并通过总线发送到信息显示系统上, 使驾驶员可以更有效地控制汽车正常运行。

**关键词:** CAN 总线技术; 车门控制系统; CAN 总线协议; J1939

中图分类号: U463.7; TH39; TP273

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)11-1280-06

## Car door control system based on CAN-bus technology

HU Hao, YAN Ying-min, CHEN Yong-li

(1. Department of Electrical Engineering, Mechanical Engineering College, Shijiazhuang 050000, China)

**Abstract:** Aiming at the traditional panel with lower precision, less information and bad capability of expand, the CAN-Bus and SAE J1939 protocol were analyzed. The definitions of physical layer and the message format of data link layer were discussed. The structure and realization of protocol J1939 were researched and applied in vehicle integrated information display system. In the process of design, the net nodes were defined, the vehicle information database was found, the dummy panel and program were edited to simulate some function of vehicle, four-node vehicle information display system was set up with the software of CANoe. The results indicate that this system can offer the driver status messages of vehicle assemblies and environment information on the road when the vehicle working, which can make the driver control the vehicle effectively.

**Key words:** CAN technology; car door control system; CAN protocol; J1939

## 0 引 言

随着人们对汽车性能的要求日益提高和电子技术的不断发展, 汽车电子化的程度越来越高, 车上的控制单元、传感器和功能各异的执行元件也大幅增加。而且目前汽车上的技术增长点绝大多数都与电子、信息技术有关, 汽车上的每个总成都是机械、电子和信息一体化的装置。研究显示, 电子产品在轿车成本中的比

重在未来 10 年内将达到 30% ~ 50%<sup>[1]</sup>。汽车的高度电子化在提高控制性能、安全保障等方面起到了重要作用, 但是也带来一些新的问题, 如在电子装置激增的情况下, 为满足控制要求, 车内导线数量迅速膨胀、线束杂乱、布线困难, 也给装配维修带来很大困难。在信息显示系统方面, 传统的仪表采用指针和刻度实现显示, 存在准确率低、显示信息少、体积大、可靠性差等缺点。随着电子技术发展, 20 世纪 70 年代出现了电子式的仪表, 传统汽车的显示装置逐渐被以微处理器为

核心的电子仪表和显示装置所取代。现代汽车普遍采用的是电子组合式的仪表,这种仪表用玻璃表面密封,体积小、结构紧凑,便于安装接线,但是电子组合式仪表的缺点是热磁效应相互影响,增大了误差<sup>[2]</sup>。

本研究采用网络总线结构,搭建车内控制局域网,以各控制单元作为网络节点,按照一定规则发送和读取信息,同时将模块化思想运用到控制中,将计算机技术、通讯技术、单片机系统设计理论应用于车辆控制系统,其目的在于解决车辆信息共享困难、线束复杂、布线繁杂等问题,符合控制系统网络一体化的趋势<sup>[3]</sup>。

## 1 控制系统基本原理

按照车门控制系统的总体结构和控制要求,本研究把车门控制系统按照分布式模块化的思想形成控制系统间的拓补结构,对各个模块分别进行分析设计。控制器局域网(controller area network, CAN)是国际上广泛应用的现场总线之一,它主要采取串行通讯的方式,其基本的设计要求是要有较高的位速率,较强的抗电磁干扰性,并且能够检测出运行时产生的错误。

CAN 总线的通讯距离与通讯速率的关系如表 1 所示。

表 1 CAN 总线通信距离与通信速率的关系

位速率	1 Mbit/s	500 Kbit/s	100 Kbit/s	20 Kbit/s
最大总线长度/m	<40	<100	<500	<1 000
可靠传输长度	23.6	100	500	1 000
线路阻抗/(mΩ·m <sup>-1</sup> )	<70	<60	<40	<26

CAN 网络能够提高信息的传送效率,其介质访问方式为非破坏性逐位仲裁方式,即 ID 号越小报文具有越高的优先级,非常适用于对实时性要求很高的小型网络,且开发成本很低<sup>[4-5]</sup>。

在通讯中 CAN 以多主方式工作,网络上的任意节点都可以向其他节点发送信息,不分主从,通讯方式很灵活,不需要节点的地址信息。本研究采用短帧结构,不仅传输的时间短,而且受干扰率低,CAN 网络上的节点信息分成不同的优先级,可以满足不同的优先级的要求,通讯速率最高可达到 1 Mbit/s。

### 1.1 OSI 网络层次模型

CAN 总线的网络层次采用 OSI 参考模型,该参考模型为开放系统的互联定义了一个 7 层的体系结构,模型层次说明如表 2 所示,表 2 对各个层次功能含义

等进行了简要的介绍,OSI 层次模型每一层都有特定的功能,其中第 7 层为最高层,第 1 层为最低层,在很多现场总线中往往只具有其中的某几层<sup>[6-7]</sup>。

### 1.2 CAN 总线网络层结构

CAN 通讯的协议主要是不同设备之间的信息交换,实际的通讯只发生在不同设备上相邻的两层,而通讯设备之间是通过物理介质连接的,每一层所有节点电气特性是一致的。本研究所论述的系统只用到了模型的最下面两层:物理层和数据链路层,CAN 总线的数据传递可以采用多种介质,例如双绞线、光纤等,光纤虽然有明显的优点,但是费用昂贵,所以现代多用双绞线。使用差分电压传送传递信号,两条信号线分别称为“CAN\_H”和“CAN\_L”,静态时均是 2.5 V 左右,此时的状态为逻辑“1”,也就是隐性;当 CAN\_H 比 CAN\_L 高,表示为逻辑“0”,称作“显性”。总线空闲时呈隐性,当有节点发送显性位时,则覆盖隐性状态,总线便处于显性状态<sup>[8]</sup>。

表 2 OSI 开放系统互连模型层次说明

层次	名称	说明
7	应用层	最高层用户软件网络设备之间进行信息交换
6	表示层	把两个应用不同的数据系统信息格式转化为能共同理解的格式
5	会话层	利用底层的通信功能进行数据的传递
4	传输层	两通讯节点之间数据传输控制,如数据冲发,数据错误修复
3	网络层	规定了网络连接的建立,维持和拆除的协议,如路由和寻址
2	数据链路层	规定了在介质上传输的数据位的排列和组织,如数据校验和帧结构
1	物理层	规定了通讯介质的物理特性,如电器特性和信号交换的解释

### 1.3 CAN 总线通讯的帧格式

报文的传输有主要有 4 种帧类型:

(1)数据帧。其主要作用是携带传输数据从发送器到接收器。数据帧包括 7 个不同的位域,分别是:帧起始、仲裁域、控制域、数据域、CRC 域、应答域和帧结尾。数据域长度可以为 0~8 个字节。

(2)远程帧。总线发出的远程帧会请求发送具有相同识别符的数据帧。远程帧由 6 个不同的位域组成,分别为:帧起始、控制域、仲裁域、CRC 域、应答域和帧结尾。

(3) 错误帧。系统运行中检测到总线错误便会发送错误帧。错误帧由两个域组成:一个域是由错误标志叠加而成的;另一个是错误界定符。一个节点有两种错误的界定标志:一种是主动错误标志;一种是被动错误标志,当系统在数据传输过程中检测到错误时,便开始发送错误标志。

(4) 超载帧。超载帧由超载标志和超载界定符组成,用于在先行和后行的数据帧或远程帧之间提供一个附加延时。系统在两种情况下会发送超载帧:一种情况是接收器对于下一个数据帧或者远程帧需要有一定的延时,另一种情况是在接收间歇时检测到一个显性位,进而发送超载标志。

帧间空间:各帧之间的隔离是通过帧间空间来实现的,其包括帧间域和总线空闲两个时域和一个比较特殊的挂起时域。报文被挂起是指故障接收节点在发送了一些信息以后,在将要发送后面信息或检测到总线空闲以前,要发送 8 个隐性位并且加上间歇域,如果这时有另一个节点开始发送,这个节点就转入接收状态,原来的发送被挂起<sup>[9]</sup>。

#### 1.4 SAE J1939 标准

本研究设计的车门控制系统主要是基于 J1939 协议标准,J1939 协议是由美国工程师学会为了向电子控制领域提供一个开放的互联系统而建立和推广的。该系统主要应用于农机、舰船、建筑装备和面向路面和非路面的轻、中、重型的机车等场合,是目前在汽车领域应用最广泛的协议之一,通信速率可达到 250 Kbps。J1939 协议是基于 CAN2.0 规范的 29 位信息标识符,定义了每一 PDU 的含义及优先级,该标识使得具有 8 个优先级别,预定义信息类型,指定目标的通讯和广播各有差异。数据类型、数据范围、数据重复率以及相应的参数组号码都有它们各自确定的信息标识符。J1939 协议对汽车中的各种参数进行了定义,并符合 ISO 9002 标准<sup>[10]</sup>。

## 2 车门 CAN 总线的仿真实例

### 2.1 CAN 软件系统

CANoe 软件是 Vector Informatik 公司开发的 CAN 工具系列中最重要的工具之一。Vector Informatik 公司是德国一家专门从事现场总线特别是 CAN 总线研究、开发的高科技公司,它在 CAN 总线应用领域开发了一系列强有力的开发软件工具,CANoe(CAN Open

Environment)作为 CAN 总线的开发工具支持整个系统开发的全部过程,软件主界面如图 1 所示。

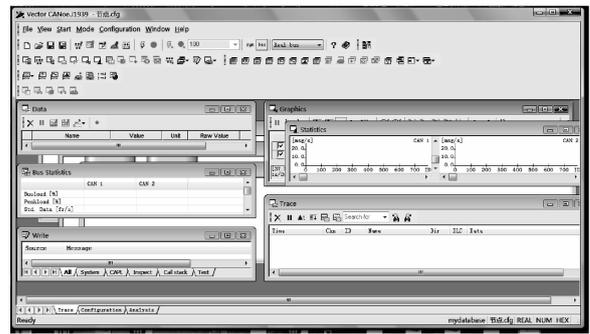


图 1 软件主界面

CANoe 软件采用 Windows 窗口的形式直观地显示出用户界面,其中包括用于总线设计的仿真配置窗口(Simulation Setup)和测量配置窗口(Measurement Setup);用于总线评估的跟踪窗口(Trace)、写窗口(Write)、数据窗口(Data)、图形窗口(Graphics)、统计窗口(Stastics)和总线统计窗口(Bus Stastics)。此外,CANoe 还包含 3 个编辑器:面板编辑器(Panel Editor),数据库编辑器(CANdb ++ Editor)和 CAPL 的程序浏览器(CAPL Browser)。

### 2.2 网络定义和节点分析

该设计只需要构建网络中的物理层和数据链路层,本研究采用 ISO11898-1 标准进行构建,应用层标识符数据的格式应按照 SAE J1939 协议规定的格式来设定,通信速率为 250 Kbps。

该设计采用的 4 个节点分别为:控制节点(control)、传感器节点(sensor)、显示节点(display)和实现节点(realization)。在 CANoe 的仿真配置窗口中,4 个节点分别以粗实线与总线相连接,形成四节点仿真控制系统网络,节点连接示意图如图 2 所示。图 2 中的每一个节点都对应一个面板。如控制节点就对应控制面板,传感器节点就对应传感器面板,显示节点对应显示面板,实现节点对应实现面板。节点反映的就是车内总线的实际结构,节点越多,总线控制系统就越复杂,同时其优越性也会更加明显,因为随着科技发展,复杂控制是不可避免的。

(1) 控制节点。该节点通过 CAPL 编辑器发出控制信号来控制实现面板中的虚拟设备的运行,如可以控制车窗的升降位置、车门门锁的开关、后视镜的位置等等。

(2) 传感器节点。该节点定义了系统显示装置的

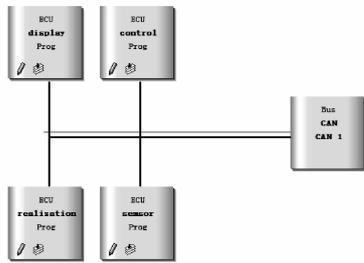


图 2 节点连接

输入信号,由于没有实际的传感器检测车内的运行环境信号,研究者便可以用拖动条来代替,通过 CAPL 编程把这些信号传递到总线上,如车内的温度情况、车内的压力、车辆中各器件的位置情况等。

(3)显示节点。该节点可以用来显示在传感器节点上定义的各个信号。这些信号在传感器节点上按照 SAE J1939 协议标准用数字的形式传到总线上,经过总线的传输,这些信号到达了显示节点,通过环境变量与显示面板上的控件联系,以起到显示的作用。

(4)实现节点。实现节点接收从控制节点发送过来的信号,通过环境变量与面板上的控件联系起来,通过 CAPL 程序使控件依照控制面板的指令动作,如车窗动作、门锁动作,还有其他的一些控制要求的实现。

### 2.3 数据库的建立

研究者建立一个完整的系统时应先对自己设计的系统有一个全局的把握,对于这个控制系统应该实现的功能、控制过程中每个节点要发送的报文或者要接收的报文都应该有一个清晰的认识。对信号进行定义时包括信号的名字、长度、字节顺序、信号值单位、范围、类型、比例系数、偏移量,此外还要定义信号所属报文及其接收节点等。报文的定义主要包括报文的名称、类型、地址、数据字节长度,所包含的信号以及发送节点和接收节点等。环境变量的定义主要包括环境变量的名字,值类型包括整型、浮点型、字符串型、数值型、访问权限等内容。建立数据库中的环境变量如图 3 所示,环境变量是控制面板上的控件与用户联系的唯一通道。控件将其对应的环境变量的值赋给消息报文的信号,然后信号发送到总线上,通过总线的传输到达接收节点。接收节点将报文中的信号赋给控件的环境变量,从而使控件实现预定的动作。

图 3 中显示了该数据库 mydatabase. dbc 中环境变量的定义。例如传感器输入面板上控件对应的环境变量(包括 evinpress, evintemperature, evinwindow, 等等),控制输入面板对应的环境变量(包括 evindoorcontrol,

图 3 数据库的建立

evinwindowcontrol, 等等),输出面板对应的环境变量(包括 evoutpress, evouttemperature, evoutwindow, 等等),仿真实现面板对应的环境变量(包括 evoutdoorcontrol, evoutwindowcontrol, 等等)。这些环境变量的定义有效地保证了各节点与面板之间的连接和通信,所以在各个交互面板能够完整运行之前必须设置好节点模型,建立好数据库,保证每个控件都与对应的环境变量联系起来,数据库中定义的报文和信号与程序中的信号一一对应,这样系统才能实现其应有的功能。信息报文和信号如表 3 所示。

表 3 信息报文和信号

编号	消息报文	包含信号	发送节点	接收节点
1	doorcontrol	frontleftdoor	control	realization
		frontrightdoor		
		leftdoor		
		rightdoor		
2	windowcontrol	frontleftwindow	control	realization
		leftwindow		
		frontrightwindow		
		rightwindow		
3	reaviewmirror	leftmirror	control	realization
		rightmirror		
4	press	inpress	sensor	display
5	temperature	intemperature	sensor	display
6	light	frontlight	sensor	display
7	speed	carspeed	sensor	display
8	wheelangle	frontleftwheel	sensor	display
		frontrightwheel		
		leftwheel		
9	battery	rightwheel	sensor	display
		inbattery		
10	fueloil	infueloil	sensor	display

### 2.4 面板编辑

面板编辑的任务主要就是设计面板控件,还要把环境变量与面板上的空间联系起来,实现虚拟仪表盘系

统,其具有把计算机资源、接口电路、用户界面软件等有机结合的功能<sup>[11]</sup>。本研究介绍的系统主要编辑 4 个面板,分别是:控制输入面板、传感器输入面板和一个车辆信息输出面板加一块虚拟实现面板。控制输入面板主要用于处理驾驶员输入的一些命令,如车门门锁的控制和车窗的控制,在仿真实实现面板中主要编辑了车窗位置、后视镜位置和门锁的情况的控件,用来模拟汽车上实际的部件,反映驾驶员的输入的命令在车

上部件的执行情况。在仿真的过程中本研究通过控制输入面板中的控件把信号赋给环境变量,再以信号的方式通过总线传送到仿真实实现节点,通过 CAPL 程序把信号赋给控制实现面板中的控件的环境变量,从而可以使仿真实实现面板中的控件达到控制要求,如控制车窗的位置、门锁的状态和后视镜的角度等等<sup>[12]</sup>,控制与实现面板如图 4 所示。

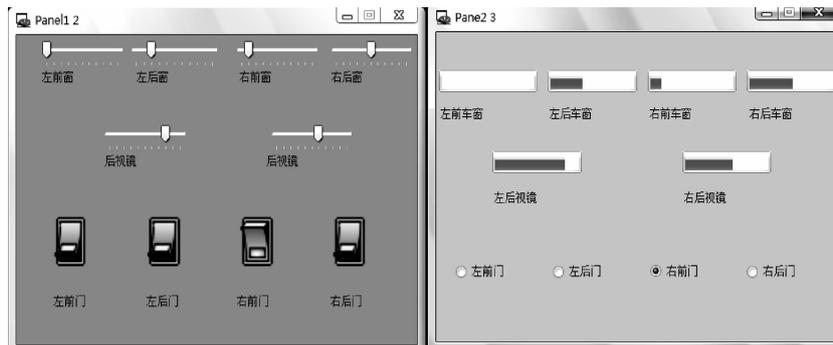


图 4 控制与实现面板

传感器输入与显示面板如图 5 所示,主要模拟了传感器输入的各种信号,把车内各器件的情况如实地发送到总线上去。例如本研究在传感器输入面板中主要定义了车内压力、车窗的位置、车内温度、燃油储量、速度信息、驾驶室亮度等信息。在真实的车辆中,这些信息是由传感器测出来后发送到总线上去的。在综合显示系统面板中,本研究采用的是直接显示的方式,就是说车内传感器检测到的信息可以在显示面板上显示出来。

主界面的设计主要包括:车内压力、车窗位置、车内温度、燃油剩余量、行车速度、轮胎信息、电池剩余电量等。在实际控制中每一个指令对应一个控件的动作,每个控件的动作是独立的,如门锁或车窗的控制,只要按动按钮或者拉动滑条,可以想象车上的实际部件是要发生动作的,在实际应用中把每个电动器件对应车上的传感器或仪器是可行的。具体的面板设计如图 5 所示。



图 5 传感器输入与显示面板

### 2.5 CAPL 编程

本研究在设计好数据库和控制面板以后,把它们连接到节点上,就可以进行 CAPL 编程了。由于各个节点发送消息的周期不同,研究者须分别对各个节点进行编程。CAPL 为类 C 语言,语法结构与 C 语言相同。编程如下:

```

on message 111 //对消息 111(dec)反应
on key 'h' //按'h'键反应
定时器声明
msTimer time; //将 time 声明 ms 为单位的变量
timer time; //将 time 声明 s 为单位的变量
定时器函数
setTimer(time,20); //将定时值设定为 20 ms,并启动

```

```
cancelTimer(time); //停止定时器 time
定时器事件
on timer time //对 time 设定的时间到反应
环境变量函数
getValue() //获取环境变量的值
putValue() //设置环境变量的值
环境变量事件
on envVar ##
```

### 3 仿真结果

本次仿真的实际负载率可以从 CANoe 软件的总线统计 (Bus Statics) 窗口中看出,总线统计数据如图 6 所示,在系统中使用总线的是 CAN1,所以 CAN2 总线上的示数是 0,总线 1 的实际负载率是 35.22%。数据的传输采用扩展帧,每秒发送 700 帧,到目前为止已传输 19 872 帧。每秒发送的数据帧可以通过信息的接发周期估算出来,即每秒发送数据帧的数为 710 帧。另外本次设计的波特率为 250 Kbps。

	CAN 1	CAN 2
Busload [%]	35.22	0.00
Peakload [%]	35.22	0.00
Std. Data [fr/s]	0	0
Std. Data [total]	0	0
Ext. Data [fr/s]	710	0
Ext. Data [total]	19872	0
Std. Remote [fr/s]	0	0
Std. Remote [total]	0	0
Ext. Remote [fr/s]	0	0
Ext. Remote [total]	0	0
Errorframe [fr/s]	0	0
Errorframes [total]	0	0
Chip state	Active	Active

图 6 总线统计数据

总线报文的类型只能是数据帧,不存在错误帧、远程帧和过载帧,因此每帧报文包括:帧起始、仲裁域、控制域、数据域、循环冗余码域、应答域和帧结尾几个部分。其中,帧起始有 1 位,仲裁域有 29 位(扩展帧格式),控制域有 6 位,数据域为 64 位,CRC 域为 15 位,应答域 2 位,帧结尾 7 位,总共 124 位。

把以上数据代入公式,可得:

总线负载率 =  $(124 \times 710) \div 250\ 000 = 35.216\%$ 。

理论负载率和实际负载率之间的误差为:  
 $(35.22\% - 35.216\%) \div 35.22\% \times 100\% = 0.0114\%$

### 4 结束语

本研究对现场总线 CAN-Bus 协议规范和 SAEJ1939 通信协议进行了讨论,使用分析开发软件 CANoe 设计了基于 J1939 协议的车辆综合信息显示系

统,定义了 4 节点控制系统对数据库进行了设计;对车内各电子器件报文通信和车辆部分功能进行了仿真。本研究采用分界面的形式显示车辆运行的状态信息,减少了车内仪表盘占用的空间,方便了驾驶员对车辆运行状态的监视、判断和对车辆的控制;并对总线网络系统负载进行了分析,计算了总线运行的理论负载率。将理论负载率与实际负载率进行了比较,结果显示两者可以较好地吻合。

本研究介绍的车辆综合信息显示系统能够提供足够多的车辆运行状态数据,既有模拟显示也有数字显示,而且精度较高,显示效果直观、清晰、稳定,可靠性好;同时简化了车内电子系统的布线,使信息显示系统更为方便、灵活。

### 参考文献 (References):

- [1] 周 震. 基于 CAN 总线的车身控制模块[D]. 南京:南京航空航天大学能源与动力学院,2005.
- [2] 李传志. 汽车车身电子控制系统[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 刘永木,李 慧,付志勇. CAN 总线系统节点模块的一种设计[J]. 吉林工学院学报:自然科学版,2002,23(3):16-18.
- [4] 喻国安,徐宏炳,巫 超. CAN 总线技术及其在汽车控制中的应用[J]. 现代计算机:专业版,2003(6):15-18.
- [5] 刘新亮,张建武. 汽车网络技术的分析研究[J]. 汽车技术,1997(6):1-4.
- [6] 郭宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1996.
- [7] 王 峰. 基于 J1939 协议的车辆综合信息显示系统仿真设计与分析[D]. 沈阳:东北大学机械工程与自动化学院,2007.
- [8] 李正军. 现场总线及其应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [9] 钟 勇,钟志华. 汽车电器低速网络控制系统的研制[J]. 汽车工程,2003,25(2):13-20.
- [10] 吕京建. 现代汽车的核心技术—SAE J1939[J]. 今日电子,2004,1(7):37-38.
- [11] 陈智勇,罗诗途. 基于 CAN 总线技术的车辆虚拟仪表数据采集系统的设计[J]. 微计算机信息,2003,19(12):8-15.
- [12] 李 直,黄 河. CAN 总线在汽车电动车窗和集控门锁系统中的应用[J]. 微计算机应用,2002,23(5):22-26.

[编辑:张 翔]