

# 汽车网络技术及标准

许秀香(中国汽车技术研究中心 天津 300162)

## 1 发展和使用汽车网络的意义

近年来,越来越严格的安全、环保技术法规和用户苛刻的个性化使用要求,使得制造商不得不依赖电子技术不断改进其产品的性能,可以说汽车技术所取得的每一项进步都离不开电子技术在汽车上的应用。早期汽车内部的传感器、控制器和执行器之间的通讯沿用点对点的连线方式,连成复杂的网状结构。随着汽车内部电控系统的日益复杂,以及对汽车内部控制功能单元相互之间通讯能力要求的日益增长,采用点对点连线,就需要大把的线束,这种传统构建汽车内部通讯的方式在电线布置、可靠性以及重量等方面都给汽车的设计和制造带来了很大的困扰,电子控制系统间的数据通讯变得越来越重要。因此围绕减少车内连线,实现数据的共享和快速交换,同时提高可靠性等方面,在快速发展的计算机网络基础上,实现了以分布式控制单元为基础构造的汽车电子网络系统。

汽车网络是指借助双绞线、同轴电缆或光纤等通讯介质,将车内众多的控制模块(或节点)联结起来,使若干的传感器、执行机构和 ECU 公用一个公共的数据通道,通过某种通讯协议,在网络控制器的管理下共享传输通道和数据。汽车网络最开始出现在当时的高档豪华汽车上,也缺少相应的标准化的通讯协议的支持。随着越来越复杂、精密的功能单元被委托给外部供应商生产,汽车制造商开始从定义各自的专门协议发展到采用整个业界范围内认可的标准化通讯协议,提供了不同供应商的产品进行系统集成的可能性,使汽车网络迅速进入主流车型,到今天车载电控系统的网络已经成为现代车辆中至关重要的部分,在我国也已形成研究和开发使用的热潮。汽车网络减少了线束的使用,改善了系统的灵活性,通过系统的软件可以实现系统功能的变化,消除了冗余传感器,实现了数据共享,也提高了对系统故障的诊断能力。可以说一辆车就是一个网络,汽车的智能化也是在网络基础上才能

实现,网络还把汽车的行驶状态参数传送到显示屏上,司机可一目了然,大大方便了驾驶。

## 2 汽车网络的种类及特点

汽车局域网即是多台计算机共用一条传输线,按照国际上普遍接受的美国汽车工程师协会 SAE 提出的关于汽车网络的划分,汽车内部的网络可以分为 A 类(通讯速率 $<10\text{kb/s}$  的低速网络,主要应用于电动门窗、座椅调节、灯光照明等系统)、B 类(通讯速率在  $10\text{ kb/s} \sim 125\text{ kb/s}$  之间的中速网络,主要应用于电子车辆信息中心、故障诊断、仪表显示等系统)、C 类(通讯速率在  $125\text{ kb/s} \sim 1\text{Mb/s}$  之间的高速网络,用于实时控制,主要用于悬架、发动机、ABS 等系统)和 D 类(通讯速率在  $1\text{Mb/s}$  以上,用于车内的多媒体网络)。

汽车电子设备的工作环境相当恶劣,除能耐受宽范围的环境温度( $-40 \sim 125$  或更高)外,还要耐受较强的机械振动、冲击及化学品腐蚀,此外设计中要特别考虑的是电磁兼容问题,随着移动电话、无线寻呼、卫星通信等无线电设备的普及应用以及汽车自身的点火系统、各种电机等产生的干扰,汽车的电磁环境日趋复杂恶劣。这些干扰通过网络传入某控制系统,可能会引起 ECU 的误判断、产生误动作(如汽车的安全气囊在行驶过程中突然受到干扰触发,就会造成很严重的事故),同时也要避免电信号产生辐射干扰。因此汽车网络工作的可靠性较一般计算机网络要高的多,它是提高汽车可靠性和安全性的重要保证。

## 3 汽车网络通信协议

网络上节点要实现成功通信,必须接受相互识别、相互接受的约定和规则,建立通用的标准用于各 ECU 之间通信,即为通信协议。通信协议要解决系统优先权问题、灵活性问题、可扩展性问题、诊断接口问题、独立性问题、数据共享问题等,十几年来,已发展了几代通信协议,较早的有 SAE 推出的用于重型车的基于串行总线的标准,如 SAE

J1708、J1587、SAE J1922，串行协议传输速率低、代码定义麻烦，除在诊断系统有一些应用外，基本被取代。迄今为止，汽车应用的多种网络标准，较典型的有 LIN、CAN、J1850、MOST、TTCAN、TTP、FlexRay、J2284 等。拓扑结构主要为总线式，如 LIN、CAN、J1850、TTCAN。总线型网络为多个 ECU 共用一条传输线，信道利用率高，结构简单、布线容易、易于增加节点，每个系统对总线有相同权利，为多主方式工作，同一时刻只能有一个节点发送消息，网络延伸距离、网络容纳节点有限。ISO 7498 把网络通信系统划分为七层结构，即 OSI 的七层模型，包括物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层、应用层。汽车各网络协议一般只定义 OSI 结构中的底层协议，即物理层和数据链路层。

LIN 总线是典型的 A 类网络，由 LIN 协会发布，是价格便宜的单总线低端网络，也称为经济型 CAN 网络。LIN 是以广泛应用的 UART 为基础定义的，物理层基于 ISO 9141，一般用于传输速度、实时性要求较低的车身系统，采用单主/多从机的通讯模式，网络节点分为主节点和从节点。主节点执行主控发送任务，决定什么时候、哪一帧将在总线上传输，信息帧的长度是可变的，数据长度可为 2、4 或 8 个字节，目前我国自主开发的车身系统中 LIN 协议得到了一定的应用。

CAN 总线是在 80 年代中期，由德国 BOSCH 公司提出，CAN 推出之后，很快世界上各大半导体生产厂商迅速推出各种集成有 CAN 协议的产品，如 Intel、Motorola、NEC、Philips 等公司都提供集成有 CAN 协议的芯片及 CAN 总线产品，此后越来越多的欧洲主要汽车制造商采用 CAN 总线构成其汽车网络，后来美国、日本的汽车公司也采用 CAN 构成其 B 级或 C 级网络。1994 年，美国 SAE 所属的卡（客）车控制及通讯附属委员会选择了 CAN 总线作为 J1939 标准（一个针对卡车和客车的高速网络标准）的基础，添加了高层协议。CAN 是目前唯一取得国际标准的协议，包括高速的 ISO 11898（C 类网）和低速的 ISO 11519（B 类网）。CAN 采用多主方式工作，网络上任一个节点均可在任意时刻主动向网络上的其它节点发送信息，而不分主从，网络上节点可根据不同的实时要求分成不同的优先级，当

两个节点同时向网络上传递信息时，优先级低的节点主动停止数据发送，而优先级高的节点可不受影响地继续传送数据，具有点对点、一点对多点及全局广播的数据传送的功能，通信速率可达 1 Mbit/s，每帧的数据字节数为 8 个，若节点在错误的情况下，可自动切断它与总线的联系，以使总线上的其它通信不受影响。CAN 协议定义了两种通信格式：标准信息帧和扩展信息帧，它们都具有 7 个位域，二者的差别在于仲裁域，标准帧有 11 位标识码，而扩展帧有 29 位。CAN 能够使用多种物理介质，例如双绞线、光纤等。最常用的就是双绞线，信号使用差分电压传送，两条信号线被称为 CAN\_H 和 CAN\_L。随着 CAN 控制器成本的不断降低，并提供大量产品支持基于 CAN 的系统，进一步降低了采用 CAN 控制系统的成本，因此 CAN 是目前应用最广泛的汽车网络标准。

在一辆车里通常有两条或三条独立的 CAN 总线，高速 CAN 用于发动机和底盘控制系统，低速 CAN 通常用于天窗、座椅、空调等舒适系统，高速 CAN 和低速 CAN 通过网关构成整个汽车网络，有些车辆低速 CAN 又被 LIN 网络取代，通过网关与 CAN 总线相连。

SAE J 1850 总线最初由美国三大汽车公司提出，主要是通用公司的 Class 2 协议和福特公司的 SCP 协议基础上发展而来的，属典型的 B 类网，这一标准已实施多年，受到广泛的接受与采用。美国很多车型采用 J1850，是比较成熟的协议，目前的 OBD 诊断系统定义在 J 1850。由于通信速率低，只适合于车身控制系统及诊断系统，目前在美国逐步被 CAN 所取代。

MOST 是采用光纤并用于智能交通及多媒体的网络协议，传输速率可达 22 Mbit/s。

TTCAN 是基于时间触发的网络，是 CAN 总线与时间触发机制相结合产生的。与基于事件触发的 CAN 协议的主要区别是：总线上不同的信息定义了不同的时间槽，避免因总线仲裁使信息传输时间的不确定性，改善了 CAN 总线的实时性能，可满足消息传输密度不断增长的需要。ISO11898-4 定义了 TTCAN 协议。

FlexRay 是一种灵活的通讯系统，能够满足未

来先进汽车高速控制应用的需要,可补充 CAN、LIN 和 MOST 等主要网络标准。

SAEJ2284 是基于时间触发的高速 CAN 网络,可达 500 kbit/s,用于轿车。

汽车网络协议还有如、TTP/A、TTP/C、VAN 等,至今没有一个协议可以完全满足未来汽车成本和性能的要求,未来汽车网络仍将是多种协议共存。但目前 CAN 或 LIN 是较好的选择,它们具有很强的鲁棒性。

#### 4 关于 SAEJ 1939

由于 CAN 总线具有扩展性强、抗干扰能力强、

性价比高等特点,可节省新产品开发设计成本,使数据传输稳定可靠,是目前汽车的主流协议,除高速 CAN(ISO 11898)外,近年低速 CAN(ISO 11519)在欧洲的各种车型中也得到了广泛应用,CAN 总线已占据车辆网络的大半市场,欧洲接近 90%,SAE J 1939 在 C 类 CAN 基础上定义了高层协议,适用于载货汽车、客车及挂车。SAEJ 1939 是用于车辆网络串行通信和控制的总标准,是根据 OSI 通讯模型(即“开放系统互连模型”)制定的,目前定义了 4 个层:物理层、数据链路层、网络层和应用层,标准结构如下:

J1939 概述部分:概括地描述了 J1939 网络、OSI 分层结构、下级文档的结构等,还包括 J1939 附录:参数群编码(PGN)(附录 A)、源地址(SA)和标识符分配(附录 B)、错误报告参数(附录 C)

J1939/01 载货车、客车控制及信息网络

J1939/11 物理层,250K 比特/秒,屏蔽双绞线

J1939/13 物理层,非车载诊断接口

J1939/15 物理层,250K 比特/秒,非屏蔽双绞线

J1939/21 数据链路层

J1939/31 网络层

J1939/71 应用层——车辆

J1939/73 应用层——诊断

J1939/74 Application—Configurable Messaging

J1939/75 Application Layer—Generator Sets and Industrial

J1939/81 网络管理

其中 J1939/01 和 J1939/81 与 OSI 模型没有对应关系,是根据 J1939 的特别要求而制定的。

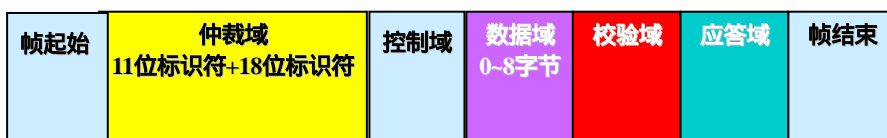
1)物理层 定义了通信速率、屏蔽及非屏蔽双绞线连接、同一网络连线上最大子系统数、最大传输线长度和数据物理特性及总线的电气连接特性等。

屏蔽双绞线网络采用的数据传输速率为 250 kB/s,传送一个典型的包含 8 字节数据 128 位(不包括填充位)的消息,大概需要 0.5 ms;可连接 ECU 数目受总线负载承受能力的限制,最多为 30 个;物理介质为屏蔽层的双绞线,双绞线特定阻抗为 120  $\Omega$ ,电流对称驱动。每个电控单元可以通过一个终端短(截)线连接到总线上。非屏蔽双绞线网络很多内容引用了 J1939/11。电控单元的最大数目由 30 减少到 10。

物理层—非车载诊断连接器描述了如何将诊断连接器与汽车通信网络建立连接。连接器要安装在驾驶室里容易接触到的地方。

2)数据链路层 主要定义了信息帧的数据结构、编码规则、通信优先权、通信格式、通信要求、总线仲裁、错误检测及处理等。

为在总线上可靠地传输数据,要将数据打包成帧,帧即为组成一个完整消息的一系列数据位,分成几个域,每个域包括了预定义类型的数据。CAN 数据帧为组成传输数据的 CAN 协议帧所必需的有序位域,以帧起始(SOF)开始以帧结束(EOF)结尾。一个 CAN 数据帧就是一个信息包,CAN 数据帧由 7 个不同的位域构成,如下为 J1939 采用 29 位标识符的扩展数据帧结构:

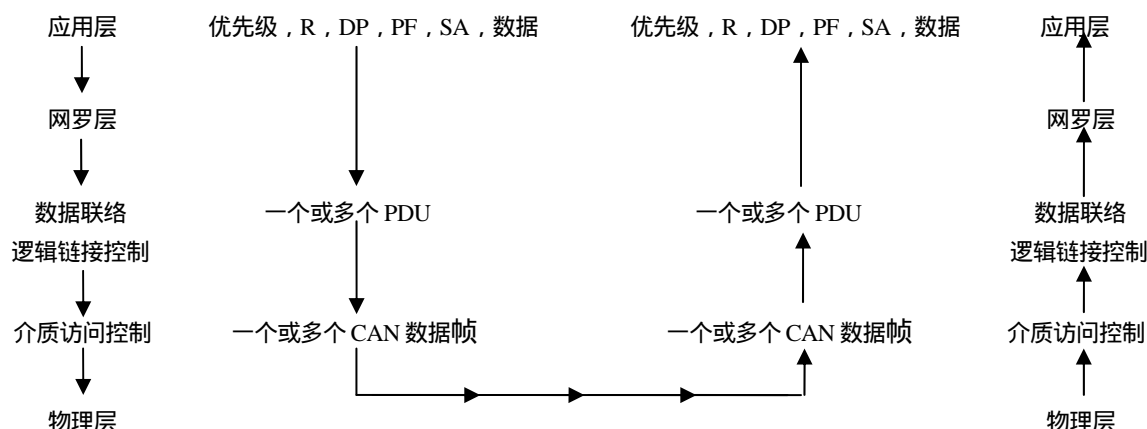


29 位标识符的内容如下：

扩展 CAN 格式	S O F	11 位标识符										S R R	I D E	18 位标识符扩展																		R T R
	S O F	优先级 P		R	D P	PDU 格式 (PF) 6 位 (高位)						S R R	I D E	PF (续)		特定 PDU (PS) (目的地址、群扩展或专用)										源地址 SA						R T R
		3	2	1		8	7	6	5	4	3			2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

CAN 的信息格式变为 J1939 通信是通过 PDU（即协议数据单元“Protocol Data Unit”）来实现的。PDU 包含 7 个域：优先级、保留位、数据页、PDU 格式、特定 PDU(目标地址、组扩展或专用)、源地

址和数据域，这些域的信息由应用层提供，PDU 被封装在一个或多个 CAN 数据帧中，通过物理介质传输到其他网络设备，如下图所示。



其中：R 是保留位，DP 是数据页，PF 是 PDU 格式，PS 是特定 PDU,SA 是源地址。

3) 网络层 定义了网段之间的连接协议，当同时存在不同传输速度或使用不同传输介质的多个网段时，必须有一个网络互连电控单元（包括中继器、桥接器、网关、路由器）提供从一个网段到另一个网段的消息传递功能。网络互连电控单元可提供的功能包括：消息转发、消息过滤、消息地址翻译和消息重新封装。

4) 应用层-车辆 定义了常用物理参数的格式及参数组编号。定义数据优先权、响应时间，数据刷新及数据的长度、分辨率、取值范围和类型等，用户对自己的实际系统按数据结构进行定义，即形成实际的应用网络，是 J 1939 篇幅最大也是最重要的一个标准。

应用层-诊断 用于网络诊断，目前是针对排放系统。诊断故障代码 用以识别故障类型、相关故障模式以及故障发生的次数，故障指示灯用以报告与之相关故障代码的发生，当有排放相关的故障代码处于激活状态时才点亮。红色停止灯表示车辆处于需停止状态的严峻形式下的故障代码信息。琥珀色警告灯 表示车辆系统出现问题但不须立即停止的故障代码信息。

#### 5) 网络管理

网络管理协议 定义了一套 ECU 命名方法，以识别和了解网络上 ECU 的功能。

网络中的每一个 ECU 都至少有一个与其相联系的名称和地址。ECU 的地址为消息定义了一个特