

普通高等教育机电类规划教材

车上网络技术

吉林大学 秦贵和 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育机电类规划教材

车上网络技术

秦贵和 编
钱耀义 贾超 审



机械工业出版社

本书介绍了车辆上使用的通信与控制网络技术。全书共分九章,包括计算机网络和控制总线的基本概念和基础知识、车上网络系统的结构和特点、控制器局域网(CAN)规范、常用CAN控制器、CAN应用系统设计、适用于车上线控系统基于时间触发的网络(TTCAN、TTP/C、byteflight、FlexRay)、车上局部连接网络LIN及其应用,以及车上媒体系统连接网络MOST等内容。

本书为高等院校车辆工程专业教材,也可作为汽车行业、机电行业工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

车上网络技术/秦贵和编. —北京:机械工业出版社, 2003.5
普通高等教育机电类规划教材
ISBN 7-111-12117-1

I. 车... II. 秦... III. 计算机网络—应用—汽车工程—高等学校—教材 IV. U46-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第044874号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵爱宁

责任编辑:赵爱宁 版式设计:张世琴 责任校对:李秋荣

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003年6月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·14.25印张·349千字

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

车上网络在汽车电子系统中的作用越来越重要，它已不仅仅是解决汽车电子化中出现的线路复杂和线束增加问题的手段；其通信和资源共享能力是新的电子与计算机技术在车上应用的一个基础，是车上信息与控制系统的支撑。随着电子技术和装置的不断增加，汽车将由一个以机械为主的系统转变为一个以电子与电气成分为主的系统，车上网络就是这个系统的“信息底盘”。车上网络是汽车结构中的一个重要组成部分，也是汽车设计中要考虑的重要内容。不了解车上网络技术，就不可能全面理解新一代汽车的电子系统原理。

车上网络是一系列车上电子与信息系统应用的基础，通过网络使车上电子装置成为一个整体，如线控技术、车上媒体系统、智能信息与管理系统等，都与车上网络技术分不开。目前，这些技术在一些中高档车上已经有初步的应用。随着该技术不断成熟和成本不断降低，它将推广应用到所有档次的汽车上。

车上电子装置都将连接到车上网络系统中，所以网络相关软硬件必然要成为每一个控制单元设计中的一部分。虽然车上网络技术已经得到较广泛的应用，但从进一步的需求来看还有很多工作要做。车上电子与信息技术发展很快，即使一些成型不久的网络系统也已经不能满足新的要求。车上网络应用的层次和目的变化很大；汽车本身对成本价格的敏感，用性能高的系统覆盖低层应用，成本上无法接受，这些决定了汽车需要多种层次网络的互联网结构。目前尚没有满足成本低、可靠并具有容错能力、时间特性好（包括实时性和事件响应时间设计时的可确定性等）和可扩展性好的网络系统。车上网络协议、支持网络功能的车用嵌入式软件等领域，也是提高我国汽车技术水平的一个楔入点。推动我国汽车网络技术的应用和研究工作是编写本书的一个动机。

本书出发点是从工程应用的角度阐述车上网络技术。第一章简要介绍计算机网络和控制总线的一些基本概念、基础知识，综述了汽车网络技术；第二章介绍了控制器局域网（CAN）的基础知识、协议标准和车上应用实例；第三章介绍了CAN控制器接口Intel 82527和它与主要微控制器之间的连接方法；第四章介绍了CAN控制器SJA1000；第五章简要介绍了一些常用的CAN器件，包括控制器接口、发送/接收器和带有CAN接口的微控制器；第六章介绍了基于时间触发的车上网络系统，包括时间触发的CAN系统TTCAN、byteflight、FlexRay和TTP/C；第七章介绍了车上媒体网络MOST；第八章介绍了局部连接网络（LIN）的基本知识和协议；第九章介绍了局部连接网络（LIN）接口器件及一个基于LIN的车门系统网络。

在本书介绍的网络系统中，节点多为以单片计算机（Single Chip Computer）为核心的电子控制单元。在不同的资料或不同的系统中，这种单片计算机的名称有所不同：在多数单片计算机生产商的说明书中都使用微控制器（Microcontroller）这个词；在介绍节点结构或功能时，一些资料也使用节点主机（Host）这个词。在没有原则性区别的地方，本书中的节点主控单片计算机都使用的是微控制器这个词。在介绍节点微控制器与网络通信控制接口的连接时，因为看作是单片计算机CPU通过外总线与接口的连接，一些资料在论述这些内容时也使

用CPU这个词,所以在这种情况下,在没有原则区别时使用CPU表示节点主控单片计算机。由于车上网络与一般的计算机网络的应用目标、一些概念和一些技术有所区别,多数车上网络标准只定义了物理层和数据链路层,或者把数据链路层与其他层的一些功能结合,或重新分配各层的功能,这样一些概念不能完全与计算机网络对应。本书对这种情况都给出了必要的说明和原文标注。

本书在编写过程中得到韩国科学技术院(KAIST, Korea Advanced Institute of Science and Technologies)电气工程与计算机科学系的李柱张(Ju-Jang Lee)教授、洪先基(San-Ji Hong)博士和金元(Yan Kim)教授的帮助,还得到吉林大学汽车学院葛安林教授、王望予教授、王庆年教授和吉林大学计算机学院赵宏伟教授多方面的帮助;吉林大学汽车学院钱耀义教授和计算机科学与技术学院贾超教授对全书进行了审阅,提出了很多宝贵意见,在此一并表示诚挚的感谢。

由于作者学识和水平所限,书中难免有错误和疏漏,恳请读者批评指正;欢迎读者对本书提出意见和建议。

作者联系地址:吉林大学计算机科学与技术学院计算机应用系,邮编:130012

或:吉林大学汽车工程学院 液力传动研究所,邮编:130025

作 者

目 录

前言

第一章 绪论 1

- 第一节 车上网络技术概述 1
- 第二节 计算机网络与通信技术基础 6
- 第三节 现场总线 13

第二章 控制器局域网 (CAN) 18

- 第一节 CAN 的基本知识 18
- 第二节 CAN 总线物理层 22
- 第三节 CAN 数据链路层 31
- 第四节 CAN 应用系统 39
- 第五节 CAN 网络实例 45

第三章 CAN 控制器 Intel 82527 49

- 第一节 Intel 82527 的基本功能 49
- 第二节 Intel 82527 硬件结构与引脚 49
- 第三节 Intel 82527 寄存器功能 53
- 第四节 Intel 82527 与微控制器 (CPU) 的连接方式 62
- 第五节 Intel 82527 信息格式 64
- 第六节 Intel 82527 与主控制器的连接 65

第四章 CAN 控制器 SJA1000 74

- 第一节 SJA1000 的基本特性 74
- 第二节 SJA1000 的硬件结构 75
- 第三节 SJA1000 的封装与引脚 76
- 第四节 基本 CAN 模式 77
- 第五节 Peli CAN 模式 86
- 第六节 SJA1000 公共寄存器 100
- 第七节 SJA1000 的电气参数 103

第五章 其他 CAN 器件 108

- 第一节 CAN 总线发送/接收驱动器

BOSCH CF150C 108

第二节 独立 CAN 控制器 112

第三节 嵌有 CAN 控制器的微控制器 (单片机) 113

第四节 CAN 总线发送/接收驱动器 114

第六章 基于时间触发的车上网络协议标准 117

- 第一节 FlexRay 117
- 第二节 byteflight 123
- 第三节 时间触发协议 TTP/C 128
- 第四节 时间触发的 CAN 协议 TTCAN 133

第七章 车上媒体网络 MOST 139

- 第一节 MOST 基本结构 139
- 第二节 MOST 信息帧 144
- 第三节 MOST 应用层通信协议 145
- 第四节 MOST 网络服务层 148
- 第五节 MOST 低层服务与发送/接收器 149
- 第六节 MOST 在汽车媒体网络中的应用 151

第八章 局部连接网络 LIN 153

- 第一节 概述 153
- 第二节 LIN 协议 155
- 第三节 LIN 配置语言 (LIN CL) 166
- 第四节 LIN 应用程序接口 (LIN API) 176

第九章 局部连接网络 LIN 接口器件及应用 186

- 第一节 LIN 总线驱动电路 MC33399 186
- 第二节 LIN 总线接口 TJA1020 191
- 第三节 LIN 的应用实例 191

附录 A 缩写及专用词 205

附录 B Intel 82527 的实用程序控制 流程.....	211	附录 C CAN 控制器实用电路	216
		参考文献.....	220

第一章 绪 论

第一节 车上网络技术概述

一、车上网络技术的发展

随着汽车电子技术的不断发展，汽车上电子装置越来越多。较高档的轿车中，电子系统的成本已超过总成本的 20%，并且增长很快。汽车上新的技术增长点几乎无一不与电子技术和信息技术相关。随着电子部件价格的降低，电子技术向低档车延伸的速度也很快。现在汽车上每一个总成几乎都是机械、电子和信息一体化装置，在系统中电子和信息部分所起的作用也越来越重要，以至于有人认为汽车正在由一个拥有大量的电子技术与装置的机械系统，转变为一个由一定机械装置支撑的电子电气系统。车上电子装置不断增加，使连接这些装置的电子线路迅速膨胀，线束越来越复杂，布线越来越困难，在汽车设计、装配、维护中的负担甚至到了无法承受的程度；而且，线路以及接头的增加是引起安全问题的巨大隐患；另外，线的质量和占用的空间也都成为值得考虑的问题。质量的增加意味着降低汽车效率；线路体积（直径）太大，则在相对运动部分之间过线非常困难，如车门窗的线束等。因此，在电子装置不断增加的情况下，减少线束成为一个必须要解决的问题。使用传统的点到点的并行连接方式，显然无法摆脱这种困境，基于串行信息传输的网络结构成为一种必然的选择。这是汽车上使用网络通信技术的一个原因。

另一方面，随着汽车电子化的深入，以网络通信为基础的线控技术（CBW，Control-By-Wire）将在车上普遍应用，这是汽车对网络技术需求的另一个原因。所谓线控就是用电子信息的传送取代过去由机械的或液压的或气动的系统连接的传动部分，如换挡连杆、油门拉线、转向机传动机构、制动油路系统等。线控技术不仅仅是这些连接方式的变化，而且包括操纵机构和操纵方式的变化以及执行机构的变化（电气化）。线控技术的广泛应用将形成一种全新的汽车结构。图 1-1 所示为线控系统的基本结构原理，操纵意图通过人机接口转换为电信号传到执行机构，由执行机构控制功能装置；传感器感知功能装置状态，通过电信号传给人机接口，反馈给驾驶人员。线控系统在人机接口、执行机构和传感机构之间，以及与其他系统之间要进行大量的信息传送，基于串行通信的网络技术是实现这种通信功能的最佳结构。线控技术要求网络的实时性好、可靠性高，而且，一些线控部分要求具有冗余的“功能实现”，以保证在故障时仍可实现这个装置（总成）的基本功能（Fail-Operational）。就像现在的 ABS 和动力转向一样，在线路故障时仍具有制动和转向的基本功能。这就要求用于线控的网络数据传输速度快、时间特性好（通信事件发生时间是确定的）、可靠性高和具有必要的冗余技术，

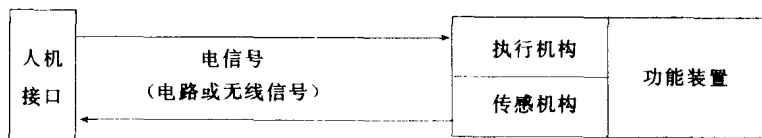


图 1-1 线控系统的基本结构原理

这也是汽车网络的特点。

汽车上使用网络,还有一个原因是计算机网络在生活中的广泛应用和智能交通系统的应用。这两种应用势必使汽车成为互联网上的一个(或多个)终端。未来汽车上可以提供任何在办公室或家庭中的网络信息服务。在智能交通体系中,一个汽车应当具有接收和提供相关信息的功能,如接收定位信号、提供地理信息服务、接收管理信息、发送本车状态信息、进行安全服务请求等。要完成这些功能,需要很强的通信能力和数据的共享功能,这也是计算机网络最基本的功能。汽车上,信息服务部分往往与车上媒体系统共用一个网络,即媒体与信息网。

早期的汽车网络没有发展自身的通用网络标准,而是采用一些现有的常规标准,如 UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter);汽车生产厂家也主要是沿用汽车技术的传统发展模式,根据需求和自己以往的基础来开发网络系统,较少与外部合作,开放性很差。汽车网络系统和应用网络的控制与信息单元往往有多种不同的来源,依地区或厂家的不同制定不同的规范。但是,网络技术本身具有依赖于标准的特点。为了降低安装费用、提高设计和维护的方便性,必然要求车上网络形成和采用行业标准,并和信息与电子产业密切合作形成一个开放结构。随着合作信心的增加和合作产生的收益的增加,这种在汽车行业内,以及与电子元器件和信息技术公司合作,采用开放式标准的趋势越来越明显。汽车上连接到网络上的产品,如传感器、执行机构、控制单元等,可能来自很多不同行业的厂商,这种标准化有利于不同部件或装置生产厂家的产品的集成,也有利于设计、装配和维护的可操作性。有了统一的标准,设计时可以为尚未存在的装置或可替代的装置留出接口,最明显的是汽车软件接口(现在汽车上嵌入系统硬件的水平足以支持相对独立的软件,应当把这些软件看作一种汽车上的部件或总成)。这种标准化产生了所谓开放结构(Open Architecture),即一定的技术标准和对这个标准的认可和遵从。

汽车网络真正在车上应用始于 20 世纪 80 年代。在 90 年代,车身网络和连接一些电控单元的控制网络,包括故障诊断系统,在不同车型上开始广泛应用。应用最广泛、支撑技术和元器件最丰富的标准是 CAN (Controller Area Network) 和 SAE J1850。在 90 年代,车上媒体网络、线控系统网络 and 智能交通系统网络仍处于早期阶段,在网络协议、支撑软硬件技术和元器件等方面多处于试制性阶段。一些大的汽车公司出于技术的原因和集团利益方面的原因,对网络协议标准有不同的选择。线控系统网络协议主要有两个选择:一个是 TTP/C (Time Triggered Protocol, SAE Class C, 即满足 SAE C 级网络标准的时间触发协议),目前有 Audi、Volkswagen、Honeywell 和 Delphi 等倾向于选用这个协议作为线控网络的协议标准;另一个是 FlexRay (其动态部分为 byteflight 协议),这是一种既支持时间触发访问方式,又支持事件触发访问方式的协议,目前有 BMW、Motorola、Philips 半导体公司、Bosch 和 GM 等倾向于选用这个协议作为线控网络的协议标准。为了弥补 CAN 事件触发访问方式在实时控制应用中的缺陷,Bosch 也推出了支持时间触发访问方式的 CAN 协议 TTCAN。对于媒体网络,多数公司倾向于使用 MOST (Media Oriented Systems Transport) 和 D2B (Domestic Digital Bus) 标准。

车上网络的应用,不仅涉及到汽车上各个电子装置的硬件连接,网络相关软件也必然成为每一个控制单元软件中的一部分。汽车上软件系统很快就会成为一个相对独立的部分,它与汽车上电子系统的关系,会逐渐发展成像现在计算机软件与硬件系统的关系一样。车上的

应用系统，将可以直接调用嵌入式操作系统中的网络功能服务程序和其他一些通用服务功能软件（或固件）。汽车上软件的设计在汽车设计中将与发动机设计、底盘设计或车身设计等一样重要。

目前，虽然车上网络技术已经得到较广泛的应用，但从进一步的需求来看还有很多工作要做。目前尚没有满足成本低、性能非常可靠、具有容错能力、时间特性好（包括实时性和事件响应时间的可确定性）和可扩展性好的网络系统。由于汽车上网络应用的层次和目的变化很大，而不同的层次或目的对网络性能的要求有很大差异。汽车本身对价格非常敏感，如果用性能高的网络系统覆盖低层次的应用，则成本上无法接受。所以，车上将有多个不同层次的网络标准。这决定了汽车上的网络将是一个多层互联网结构。

二、车上网络介绍

SAE（Society of Automotive Engineers，汽车工程师协会）按照汽车上网络系统的性能由低到高划分为 A 级、B 级、C 级网络，见表 1-1，D 级以上没有定义。有一种说法，把传输速度在 1Mbps 以上的网络定义为 D 级网络。

表 1-1 SAE 汽车网络级别

特 性	A 级网络	B 级网络	C 级网络
传输速度/Kbps	小于 1	10~125	125~1000
信息传输延时/ms	小于 50	小于 20	小于 5
时钟离散度要求(%)	20	2	0.01
传输媒体（总线）	单线	单线	双绞线
信息优先权	有	有	有
容错能力	无	无	有

A 级网络主要应用于要求价格低，数据传输速度、实时性、可靠性要求较低的情况，如车身系统的车门窗和后备箱网络系统。A 级网络也作为一些传感器和执行器级别的底层局部连接总线使用。

B 级网络用于对数据传输速度要求较高的系统，包括一些车身控制系统、仪表盘、低档的实时控制系统以及故障诊断系统（OBD）等。

C 级网络主要用于可靠性和实时性要求较高的系统，如高档的发动机和动力传动系的实时控制系统、线控系统。

常用的网络中，UART 是典型的 A 级网络；典型的 B 级网络是 J1850；CAN2.0 是典型的 C 级网络。随着成本的降低和应用系统功能的提高，网络应用范围会下移。一些新出现的车上网络系统，可以达到几兆的速度和具有更高的可靠性。

图 1-2 所示为车上网络系统价格/速度分布，是一个定性分布。

局部互联网络（LIN，Local Interconnect Network）是在 1998 年由汽车生产商 Audi、BMW、DaimlerChrysler、Volvo 和 Volkswagen 与元器件生产厂 Motorola 以及开发工具公司 VCT（Volcano Communications Technologies）联合发起的一个汽车低端网络协议。LIN 标准中不仅定义了通信协议，而且定义了开发工具接口和应用软件接口（API）。它的目标是提供廉价的底层传感器和执行器级别的局部网络标准。LIN 共同体（LIN Consortium）不仅提出协议标准，而且包括开发工具以及 API 标准的方式的做法为汽车设计用户提供了方便，为以后汽车网络标准化工作提供了一个模式。LIN 的协议标准以串行通信接口 SCI（UART）（Serial Communication Interface）为基础，物理层适应汽车故障诊断标准 ISO9141，满足车辆

环境下的电磁兼容 (EMC, Electro-Magnetic Compatibility) 和静电放电 (ESD, Electrostatic Discharge) 要求。

TTP/A 是由 TTTech 公司拥有的 A 级汽车网络标准。它的应用目标与 LIN 基本一致。它是基于时间触发访问方式的协议, 使用不同的物理层, 数据传输速度可在很大范围内选择。

SAE J1850 最初就是由美国的汽车公司 Ford、GM 和 Chrysler 提出的, 他们很多车型采用 J1850 作为 B 级网络使用。

由 Bosch 公司提出的 CAN 标准最早在欧洲汽车上被广泛采用。后来包括美国、日本的汽车公司也使用它作为 B 级或 C 级汽车网络。CAN 是目前应用最广泛的汽车网络标准, 也被很多其他行业采用。

TTP/C 和 FlexRay 是以线控系统为主要应用目标的 C 级汽车网络协议。相关的支撑元器件、应用系统以及开发测试工具等, 都处于初期研制阶段。在未来的线控系统中哪一种系统会具有生命力尚难定论。

MOST 和 D2B 是由媒体领域引入的标准。由于媒体信息音像的传输数据量大, 所以比车上控制网络要求更高的传输速度 (带宽), 一般要求光纤或同轴电缆作为物理层媒介。

无线局部网络在汽车控制系统或媒体系统中的应用只有一些探索性工作。蓝牙技术 (Bluetooth) 可能会作为车上媒体网络的一部分。

由于车辆的种类很多, 而且车上网络技术处于发展阶段, 应用于车辆上的网络系统有多种标准。如果包括飞机、船只、农机以及其他独立行走和运载的工具, 这些与汽车有一些共同特点 (长途移动、相对独立、自带动力源) 的车辆系统网络, 网络标准不下几十种。这些网络有很多应用在不同领域, 如 CAN 在汽车、非公路车辆 (Off-Road Vehicle)、飞机等领域都有应用。表 1-2 是一些车辆类系统应用的网络系统标准, 其中的一些缩写的含义见附录 A。

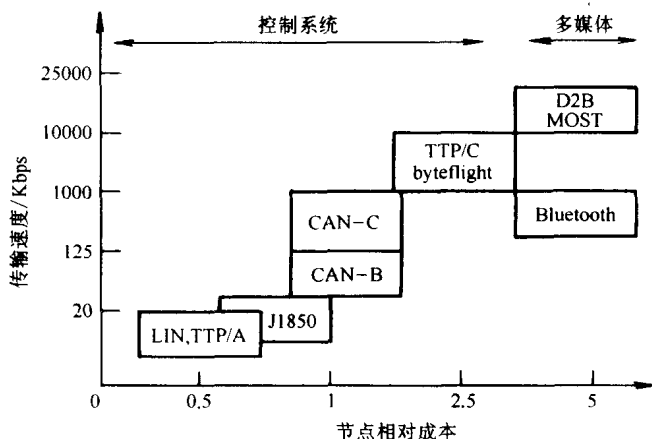


图 1-2 车上网络系统价格/速度分布

表 1-2 车辆网络标准

协 议	机 构	应用领域	介质	位编码	访问方式	错误检测	数据域长度 /bit	传输速度 /Kbps
ABUS	VW	控制	单线	NRZ	竞争	校验位	16	500
APC	Ford	媒体	双绞线	NRZ	CSMA/CA	校验位	64	9.6
AUTOLAN	General Inst	控制	双绞线	API	主/从	CRC	0~64	4000
BEAN	Toyota	控制	单线	NRZ	CSMA/CD	CRC	8~88	10
CAN	Bosch	控制	双绞线	NRZ+位 填充	竞争	CRC	0~64	1000
CCD	Crysler	传感器总线	双绞线	NRZ	CSMA/CR	CRC	无限制	约 7.8

(续)

协 议	机 构	应用领域	介质	位编码	访问方式	错误检测	数据域长度 /bit	传输速度 /Kbps
CSC	Crysler	传感器总线	双绞线	电压	Polling/Addressing		1	约 1
D2B	Optical Chip	媒体	光纤	PWM	竞争			12000
DAN	Alfa Romeo	仪表板	双绞线	NRZ	主/从	CRC	8	9.6
DSI	Motorola	传感器总线	双绞线	电压/电流	主/从	CRC	16	5
IVMS	Nissan	控制	双绞线	PWM	Polling	奇偶校验	16	约 27.8
J1850 PWM	SAE	控制	双绞线	PWM	CSMA/CR	CRC	8~64	41.6
J1850 VPW	SAE	控制	单线	VPW	CSMA/CR	CRC	8~64	10.4
J1939	SAE	控制	双绞线	NRZ+位填充	竞争	CRC	0~64	1000
MML	Delphi	多媒体	光纤	NRZ	主/从		2048	110000
MOST	Most Co-op	多媒体	光纤					25000
PALMNET	Mazda	控制	双绞线	NRZ	竞争	CRC	32 或 64	1000
TTP	TTTech	实时控制	双通道	MEM	TDMA	CRC	128	2000 (未来 4000)
VAN	Renault & PSA	控制	双绞线	manchester	竞争	CRC	0~64	约 250
FlexRay	协议联合体	控制	双通道		FTDMA	CRC	96	10000

三、车上网络的特点

汽车要求安全、使用方便、操作不能太复杂、对价格敏感、性能可靠；汽车又是应用环境最差的设备，所有可能的道路、电磁以及气候环境汽车几乎都可以遇到。根据汽车的这些使用要求和使用环境，汽车上的系统设计应当考虑这样一些因素：

1) 温度范围一般要求在 $-40\sim 125^{\circ}\text{C}$ 。

2) 油、水、盐雾、尘土以及可能遇到的化学腐蚀物质的影响。

3) 机械振动、颠簸、冲击的影响。

4) 电磁兼容问题。系统必须有承受外来电磁干扰的能力和不能对环境造成电磁干扰（家庭环境的电磁场为 $3\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$ ，工厂环境的电磁场为 $10\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$ ，汽车环境电磁场可能大于 $200\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$ ）。

5) 环境保护问题。工作中的释放物（包括声、光、电磁、油和气等）必须满足环保要求，部件和整车报废时的处理问题。

6) 可能的故障和可能的误操作，如电源反接、线头脱落、短路/断路、摩擦等，造成的损

失应尽量小。

- 7) 事故时的保护措施或对安全的影响应充分考虑。
- 8) 任何部件必须保证高的可靠性, 在要求的使用周期内发生故障的概率要足够小。
- 9) 批量生产成本价格。

车上网络系统还应当考虑以下因素:

- 1) 节点与总线的连接接头的电气与力学特性以及连接头数量。
- 2) 网络系统和应用系统的评估与性能检测方法。
- 3) 容错和故障恢复问题。
- 4) 实时控制网络的时间特性。
- 5) 安装与维护中的布线。
- 6) 网上节点的增加与软硬件更新(可扩展性)。

汽车网络系统要求可靠、廉价、与应用系统集成、线路简单和实时性好。特点是范围小、节点数少, 多数应用要求的传输速度不高。

第二节 计算机网络与通信技术基础

一、计算机网络基础知识

1. 计算机网络

自计算机网络(Computer Network)技术出现以来, 有多种定义。总体来看, 计算机网络是具有资源共享和通信功能的计算机系统的集合体。随着计算机科学技术与计算机应用的发展, 资源共享和网络通信的含义也在不断丰富, 如资源共享由数据资源共享、存储系统共享, 发展到分布计算以及协同工作。而计算机网络中的“计算机”的概念也不再像以往那样突出(没有不使用计算机的系统了)。网络的终端有很多并非是传统概念上的计算机或终端设备, 可能是嵌入到冰箱中的一个基于微处理器的控制模块, 也可能是埋在交通路口马路底下的一个智能传感器。

汽车上的网络, 通信的含义比较重一些。它们是按一定的通信协议连接的一些控制单元或智能装置(带协议控制器的传感器、执行机构或接口), 控制信号、传感器信号通过网络传送到目的系统。

2. 计算机网络的分类

计算机网络有多种分类方法。

按网络范围或网络上终端的距离, 计算机网络分为广域网和局域网。广域网的覆盖范围大、距离远。局域网一般是在一个特定的局部单位内连接的网络。多个局域网又可以通过网关(Gate Way)连接在一起构成互连网络。网关是连接不同网络能实现不同网络协议转换的设备。汽车上的网络是多个局部网络的互联结构。

按用途, 计算机网络分为公共网络和专用网络。公共网络是向社会开放的网络体系。专用网络是一个部门或行业的网络体系。

按网络拓扑结构, 计算机网络分为星型网、总线网、环行网和分布式网络。

如图 1-3 所示, 星型网以一台中心处理机为中心, 与每一台入网机器有一个物理连接链路。其特点是构造容易, 通信功能简单, 可以根据需要由中心处理机安排网络访问优先权或

时间。中心处理机负载重，扩充困难，线路利用率低，可靠性对中心机敏感。由于汽车网络的应用目的之一就是简化线束，所以这种结构不可能成为整车网络的结构，但有可能在一个部件或总成上使用。

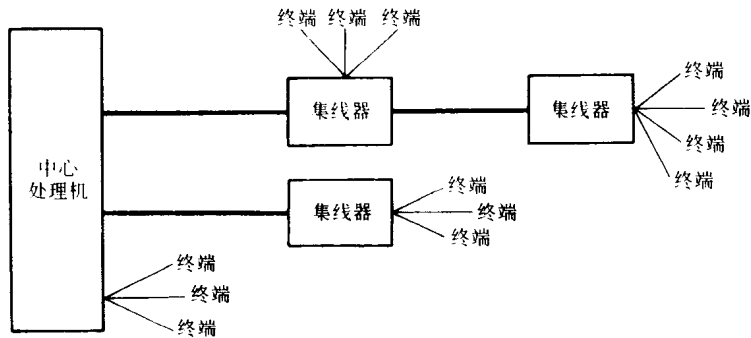


图 1-3 星型网络拓扑结构

如图 1-4 所示，总线网络由一条总线连接入网计算机。其特点是信道利用率高，分时访问总线，网络长度和网络节点数受传输延时、驱动能力以及访问机制的限制，适合于传输距离较短、节点数不是很多的情况。汽车上的网络多采用这种结构，尤其是低端网络。

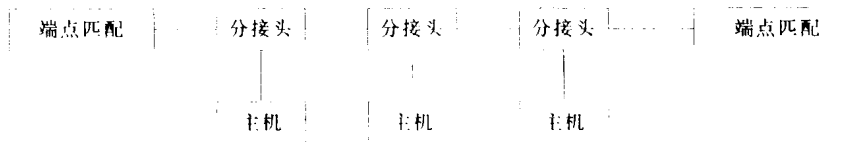


图 1-4 总线型网络拓扑结构

如图 1-5 所示，环形网络中入网计算机通过网络接口部件连到一个环行物理链路中。其特点是信息在网络中传输最大时间固定，实时性好；每个节点只与其他两个节点有物理连接，传输机制简单；一个节点故障可能影响整个网络，可靠性较差；网络扩充要调整整个网络的访问机制，比较复杂。由于汽车上线控技术要求实时性好的网络系统，有一些车上网络系统支持这种结构，采用冗余通道提高可靠性。

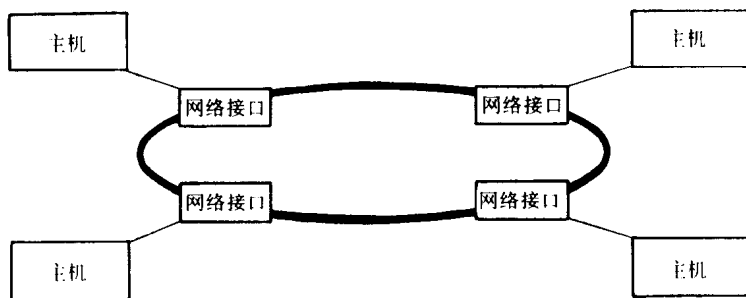


图 1-5 环型网络拓扑结构

二、计算机网络协议

1. 通信协议与功能

在通信中,任何一个可以作为信息发送或接收的个体称为通信实体,如终端、用户程序等。一个系统,如一个电控单元,可以包含一个或多个通信实体。当两个通信实体进行通信时,为了能够互相理解对方,必须按照一定的约定或规则进行信息交换。在两个(或多个)通信实体之间控制信息交换的规则和约定就是通信协议。一个通信协议通常对语法、语义和定时三个方面进行约定。语法确定通信双方“如何讲”,定义传输的信息格式,相当于说明语言中语句的格式。语义确定通信双方之间“讲什么”,对请求、执行的功能等进行解释,包括识别结果的处理,相当于对一个语句含义的说明。定时规则说明事件发生的顺序、速度匹配、同步规则等。

系统中通信控制部分(包括软件和硬件)的功能,就是根据协议完成通信处理过程,一般包括数据的拆分与重装、数据标记、同步处理、错误检测、容错处理、错误信令以及网络访问控制等。数据拆分是把要传输的数据拆成一些数据块,按照协议要求构成发送的信息格式(信息帧);数据重装是在接收到数据信息帧后,从中提取出有效数据并恢复原来数据报文的过程。数据标记是对发送的数据进行编号或特征描述,以便在传输和接收时进行处理。同步处理用来保证发送和接收端在时间上的一致性。错误检测是判定传输过程和传输的信息是否发生错误。发生错误时对错误进行纠正称为容错处理。当一个网络节点判定传输中出现错误时,应当向网上发布这个错误消息,错误信令规则定义发布错误消息的操作过程。网络访问控制用来处理网络媒体使用的分配、竞争的仲裁等过程。

2. 计算机网络协议分层结构

20世纪70年代开始,随着计算机通信网络技术及应用的发展,网络标准化的要求越来越强烈。1983年,ISO推出了网络开放系统(OSI)基本参考模型的国际标准ISO7498。这是一个概念化的规范,没有工程实施细节。这里“开放”的含义是向社会公开,并且受到广泛的遵从和支持。如图1-6所示,ISO7498把网络通信系统按功能划分为七层结构。一个实际的网络标准并不一定具有全部七层的定义。在每一层的定义中都应至少给出服务定义和协议规范。服务定义给出网络系统这一层应提供的服务(完成的功能);协议规范给出要得到和提供这种服务应遵循的约定。



图 1-6 OSI 的七层结构

OSI 的底层协议指网络层、数据链路层和物理层,它们实现的是面向通信的功能。

汽车上的网络系统主要是解决通信问题,一般只定义 OSI 结构中的底层协议,应用系统在底层之上直接设计应用层。随着应用的不断深入和车上电控单元功能的提高,将来可能会引入更高层的协议。

网络中真正存在的连接只有物理层,其他层的连接是虚拟的。物理层是计算机网络的基础,它定义了信号传输线和硬件接口的信号编码方式、电气特性、力学特性以及对应的功能。电气特性主要包括信号电平(电流)、信号传输速度、信号波形、传输距离、电路的电气极限参数等;在汽车网络中还要特别注意电磁兼容特性、抗静电干扰能力以及与电气特性相关的

安全指标（如短路、断路可能出现的恶性后果的防护措施）。物理信号功能包括信号时序、信号采样、逻辑电平以及编码。力学特性包括连接器标准、线缆机械强度、硬件材质等。汽车上的网络系统对物理层的要求是比较严格的，除符合一般计算机网络功能的要求外，还必须满足汽车上电子和电气系统的各种安全性、可靠性要求以及环保指标要求和技术指标的要求。

数据链路层的功能是相邻节点间在各种物理层的通信环境下，都能向高层提供一条无差错的、可靠的传输通道，保证数据通信的正确性。其主要任务是管理数据的传输。数据链路层的功能包括：数据链路的建立和拆除，数据链路的管理，帧的界定和同步、流量控制、错误检测与恢复、信息顺序控制以及信息标识等。它是底层协议的核心。

网络层的关键是路由选择（中继），即信息在网络层次上传输时由一个节点接收转发时的路径选择。网络层提供的服务有：网络寻址、网络连接、流量控制、网络层管理等。一般在一个局域网中，信息以广播方式发送不需要网络层。汽车网络中存在不同局域网互连时，多由应用系统完成信息的转发，如采用双 CAN 控制器的电控单元。

OSI 模式中，只有底层协议是中继开放的。

三、局域网（LAN）

1. 局域网的概念

局域网是在一个有限区域内连接的计算机网络，简称局域网。一般这个区域具有特定的职能，通过这个网络实现这个系统内的资源共享和信息通信。连接到网络上的节点可以是计算机、基于微处理器的应用系统或智能装置。局域网一般的数据传输速度在 $10^2 \sim 10^5$ Kbps 范围，传输距离在 100~2500m，误码率低。

汽车上的网络应当是局域网与现场总线（Field Bus）之间的一种结构。数据传输速度一般在 $10 \sim 10^3$ Kbps 范围，传输距离在几十米范围。

2. 局域网结构

物理层的信号传输介质、网络的拓扑结构和介质访问控制协议决定了一个局域网的性质和功能。信号传输介质和网络拓扑结构在很大程度上决定了局域网的数据传输速度、传输距离以及节点数等指标。局域网一般采用总线结构、环型结构和星型结构。

总线结构中，节点分时使用传输介质向网络上发送信息，发送的信息可以被所有节点接收到，一般是由信息携带的目的地址决定最后哪个节点接受这个信息。由于同一时间只能有一个节点发送信息，所以要有一套总线使用权的分配机制。为了消除信号反射等传输线效应，在总线两端要加入匹配阻抗。

环型结构中信息是点到点传输，可以采用令牌方式。星型结构适合于在较小的范围使用，在汽车上可以作为底层网络的拓扑结构。

3. 局域网分类

局域网一般被划分为三大类，即一般局域网（LAN）、高速局域网（HSLN）和计算机化分组交换机（CBX），主要特性见表 1-3。

LAN 是当今使用最多的局域网。1980 年，IEEE 制定了 LAN 的一个标准 IEEE802。HSLN 速度高、传输距离短，主要提供计算机房中设备之间 I/O 通道的连接。美国国家标准局（ANSI）的 ANSX3T9.5 委员会制定了 HSLN 的标准。CBX 是一种数字专用分组交换机，用于处理声音和数据的转接，采用电路交换信息传送方式。

表 1-3 局域网分类与主要特性

特 性	一般局域网	高速局域网	计算机化分组交换机
传输介质	双绞线、同轴电缆、光纤	CATV 同轴电缆	双绞线
拓扑结构	总线、星型、环型	总线	星型
传输速度/Mbps	1~20	50	9.6~64
传输距离/km	25	1	1
转接技术	报文分组	报文分组	线路转接
节点数	100~1000	10	100~1000
网络费用/\$	500~5000	4~5 万	250~1000

四、计算机网络通信中的一些基本概念

1. 节点、介质、协议

网络上的节点(Node)是网络活动的核心组成部分,包括终端节点和中间节点。终端节点一般是网络连接的应用系统或设备,它们利用网络发送或接收信息;中间节点一般提供信息的转送服务、信息流量控制等网络服务功能。

网络介质这里指连接网络节点的信息传输载体,如双绞线、光纤、同轴电缆、红外线以及无线电波等。

协议是网络中信息表示、信息传输控制所遵循的规则。

2. 信息传送过程与调制

数字信息的传送可以按“0”和“1”的某种电平定义直接传送,也可以转化(调制)为模拟信号传送。通过模拟信号传送的基本过程如图 1-7 所示,要发送的数据先送入调制器转换为易于在媒体中传输的形式发送到介质上,接收端接收到信号后先解调,再把提取出的数据送给终端。

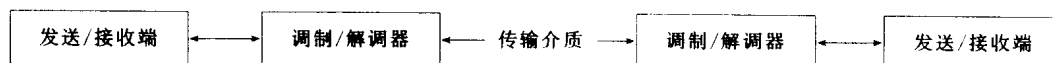


图 1-7 数字通过模拟信号传送的基本过程

常用调制方式有以下几种:

1) 调幅方式:传输的数据中“0”和“1”位由信号的幅值表示,如在一个位的时间中幅值小表示“0”,大的表示“1”,如图 1-8a 所示。

2) 调频方式:“0”和“1”由信号的频率表示,如在一个位的时间中低频率表示“0”,高频率表示“1”,如图 1-8b 所示。

3) 调相方式:“0”和“1”由信号的相位表示,如在一个位的时间中信号相位为 -180° 表示“0”,相位为 0° 表示“1”,如图 1-8c 所示。

发送端由要发送的位产生调制的信号,接收端根据信号的状态恢复为“0”或“1”。

3. 编码和传输速度

数字网络中传输的是“0”和“1”的序列。信息由“0”和“1”的一定组合表示,这就是编码。如 ASCII 码用 7 位二进制对常用符号编码,传送一个符号就是传送对应的一个 7 位二进制码。单位时间传输的信息表明网络传输的速度,一般用单位时间传输的二进制位数表示。单位时间传输的二进制位数称为波特率(Bit rate),单位为 bps(bit per second)。