

KWP2000 协议分析及开发测试

刘国权 张伯英 宋卫锋

(恒润科技有限公司)

【摘要】介绍了欧洲汽车领域广泛采用的车载诊断协议 KWP2000。针对 KWP2000 诊断服务在 K 线(ISO 14230)和 CAN 总线(ISO 15765)上的两种实现方式,对协议的核心内容和发展历史进行了较为深入的剖析和对比。介绍了采用 Matlab/Simulink/StateFlow 进行协议开发的一般流程,以及该协议在 Vector 公司的 CANoe 软硬件平台上的应用实现和开发过程。

关键词:KWP2000 K 线 CAN 总线 开发

中图分类号:U472.42 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-3703(2006)05-0020-05

The Analysis and Development Test of Protocol KWP2000

Liu Guoquan,Zhang Boying,Song Weifeng

(Hirain Technologies Company)

【Abstract】The on-board diagnostic protocol KWP2000 that apply widely in Europe automotive field is introduced in this paper.According to the two kinds of realization manner of KWP2000 diagnostic service that is in the K line(ISO 14230)and CAN bus (ISO 15765),deeply analyze and compare the core content and development history of the protocol.The general flow of protocol development that apply Matlab/Simulink/StateFlow,the application and development process of the protocol in the CANoe software and hardware platform are introduced in this paper.

Key words:KWP2000,K line,CAN bus,development

1 前言

在汽车故障诊断领域,针对诊断设备和汽车 ECU 之间的数据交换,各大汽车公司几乎都制订了相关的标准和协议。其中,欧洲汽车领域广泛使用的一种车载诊断协议标准是 KWP2000 (Keyword Protocol 2000),该协议实现了一套完整的车载诊断服务,并且满足 E-OB D(European On Board Diagnose)标准。KWP2000 最初是基于 K 线的诊断协议。由于 K 线物理层和数据链路层在网络管理和通讯速率上

的局限性,使得 K 线无法满足日趋复杂的车载诊断网络的需求。而 CAN(Controller Area Network)网络由于其非破坏性的网络仲裁机制、较高的通讯速率(可达 1M bps)和灵活可靠的通讯方式,在车载网络领域广受青睐,因此,近年来欧洲汽车领域广泛采用了基于 CAN 总线的 KWP2000,即 ISO 15765 协议,而基于 K 线的 KWP2000 物理层和数据链路层协议将逐步被淘汰。

在网络协议开发和应用方面,美国 MathWorks 公司和德国 Vector 公司提供了功能强大的开发和

d. 在车轮后部可以形成两种不同的涡,一种是粗壮的剪切涡,另一种是在车轮后部形成了一个涡对;车身底部的拖拽涡是消耗能量的关键因素。

参考文献

- 1 Axon L,Garry K,Howell J.The Influence of Ground Condition on the Flow around a Wheel Located within a Wheelhouse Cavity.SAE Technical Paper 1999-01-0806.
- 2 罗建曦等.汽车底部复杂流场数值模拟.汽车工程,2003,25(4):330~333.
- 3 Wichern G,Zwicker K,Pfanderhauer M.Rotating Wheels Their Impact on Wind Tunnel Test Techniques and on Vehicle Drag Results.SAE Technical Paper 970133.

- 4 Axon L,Garry K,Howell J.An Evaluation of CFD for Modeling the Flow around Stationary and Rotating Wheels.SAE Technical Paper 980032.
- 5 Skea A F,Bullen P R,Qiao J.CFD Simulations and Experimental Measurements of the Flow over a Rotating Wheel in a Wheel Arch.SAE Technical Paper 2000-01-0487.
- 6 Cogotti A.Car-wake Imaging Using a Seven-hole Probe.SAE Technical Paper 860214.
- 7 Addele A F.An Investigation into the Aerodynamics of the External Flow around a Bus(Daewoo Model).SAE Technical Paper 962173.

(责任编辑 文 樵)

修改稿收到日期为 2006 年 1 月 12 日。

测试工具,可用于协议栈源码的开发和 ECU 测试。

2 基于 K 线的 KWP2000 协议

基于 K 线的 KWP2000 协议标准主要包括 ISO/WD 14230-1~14230-4,各部分协议与 OSI 模型的对应关系如表 1。

表 1 KWP2000 协议与 OIS 模型的对应关系

OSI 模型	基于 K 线的 KWP2000	基于 CAN 总线的 KWP2000
应用层	ISO 14230-3	ISO 15765-3
表述层	N/A	N/A
会话层	N/A	N/A
传输层	N/A	N/A
网络层	N/A	ISO 15765-2
数据链路层	ISO 14230-2	ISO 11898-1
物理层	ISO 14230-1, ISO9141-2	用户选择

ISO 14230-1 规定了 KWP2000 协议的物理层规范(K 线、L 线),它在 ISO 9141-2 的基础上,把数据交换系统扩展到了 24V 电压系统。ISO 14230-2 规定了 KWP2000 的数据链路层协议,包括报文结构、初始化过程、通讯连接管理、定时参数和错误处理等内容。K 线的报文包括报文头、数据域及校验和 3 部分。其中报文头包含格式字节、目标地址(可选)、源地址(可选)和附加长度信息(可选),如表 2。

表 2 基于 K 线的 KWP2000 报文结构^[3]

报文头				数据域		校验和
Fmt	Tgt ¹⁾	Src ¹⁾	Len ¹⁾	SIId ²⁾	.. Data ²⁾ ..	CS
最长 4 字节				最长 255 字节		1 字节

注:1)可选字节,取决于格式字节 Fmt 的 A1A0 位;2)服务标识符(Service ID),数据域的第 1 个字节。

在开始诊断服务之前,诊断设备必须对 ECU 进行初始化,通过 ECU 的响应获取 ECU 的源地址、通讯波特率、支持的报文头格式、定时参数等信息。ECU 所支持的报文头和定时参数信息包含在 ECU 返回的“关键字(Key Word)”中(这也是协议命名的由来)。关键字由两个字节构成,如图 1^[3]所示,关键字的低字节中各位的含义如表 3 所示。

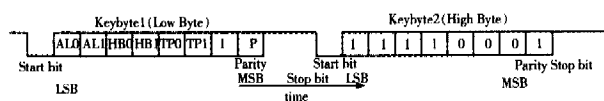


图 1 关键字格式

诊断设备可以采用两种方式对 ECU 进行初始化,即 5Baud 初始化和快速初始化。对于这两种初始化的时序在数据链路层协议^[3]中均有明确规定。

完成初始化过程后,诊断设备和 ECU 方可进行应用层的诊断服务和响应。ISO 14230-3 规定了应用层的服务规范,包括诊断管理功能组、数据传输功能组、诊断信息传输功能组、输入/输出控制功能组、远程启动 ECU 例程功能组、数据上载/下载功能组和扩展功能组。在诊断服务请求/响应过程中,诊断设备和 ECU 必须遵循图 2 的时序和相关定时参数。对于初始化和诊断服务过程中出现的各种定时错误,在数据链路层和应用层协议里面都有相应的处理规范,诊断设备及 ECU 的应用程序都必须严格遵守。

表 3 关键字低字节中各位的含义^[3]

Bit	=0	=1
AL0	不支持格式字节中的数据长度信息	支持格式字节中的数据长度信息
AL1	不支持附加长度字节	支持附加长度字节
HB0	不支持一个字节的报文头	支持一个字节的报文头
HB1	不支持在报文头中包含目标地址/源地址	支持在报文头中包含目标地址/源地址
TP0*	采用正常定时参数设置	采用扩展定时参数设置
TP1*	采用扩展定时参数设置	采用正常定时参数设置

注:“*”只允许 TP0,TP1 = 0,1 或者 1,0。

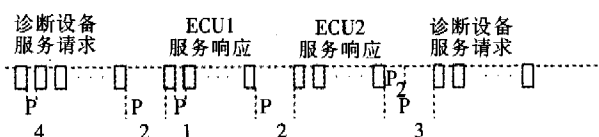


图 2 K 线诊断服务时序图^[3]

3 基于 CAN 总线的 KWP2000 协议

基于 CAN 总线的 KWP2000 协议实际上指的就是 ISO/WD 15765-1~15765-4,该协议把 KWP2000 应用层的诊断服务移植到 CAN 总线上。数据链路层采用了 ISO 11898-1 协议(表 1),该协议是对 CAN2.0B 协议的进一步标准化和规范化;应用层采用了 ISO 15765-3 协议,该协议完全兼容基于 K 线的应用层协议 14230-3,并加入了 CAN 总线诊断功能组;网络层则采用 ISO 15765-2 协议,规定了网络层协议数据单元(N_PDU,如表 4 所示)与底层 CAN 数据帧、上层 KWP2000 服务之间的映射关系,并且为长报文的包数据数据传输过程提供了同步控制、顺序控制、流控制和错误恢复功能。

表 4 网络层协议数据单元(N_PDU)格式^[7]

地址信息	协议控制信息	数据域
N_AI ¹⁾	N_PCP ²⁾	N_Data ³⁾

注:1)地址信息:包含源地址(SA)、目标地址(TA)、目标地址格式(TA_Type)和远程地址(RA);2)协议控制信息:包含 4 种帧格式,见表 5;3)数据域:KWP2000 服务标识符(Service ID)+服务参数。

·设计·计算·研究·

应用层协议规定了4种服务数据结构,即<Service_Name>.Request、<Service_Name>.Indication、<Service_Name>.Response和<Service_Name>.Confirm,分别用于诊断设备(Tester)的服务请求、ECU的服务指示、ECU的服务响应和Tester的服务确认。这些数据结构中包含了地址信息、服务请求ID和服务请求参数等内容。基于CAN总线的KWP2000诊断服务流程如图3。

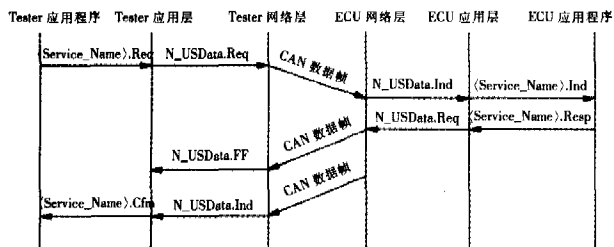


图3 基于CAN总线的KWP2000诊断服务流程

从上面的服务流程可以看出,基于CAN总线的KWP2000协议支持多包数据传输,并且多包数据的管理和组织是在网络层完成的,应用层不必关心数据的打包和解包过程。为实现这一功能,网络层定义了4种PDU(以PCI类型进行区分,如表5所示)。

表5 15765协议网络层4种PDU对应的PCI格式^[7]

N_PDU名称	Byte #1		Byte #2	Byte #3
	Bit # 7-4	Bit # 3-0	N/A	N/A
单帧(SF)	N_PCItype=0	SF_DL ¹⁾	N/A	N/A
第一帧(FF)	N_PCItype=1	FF_DL ²⁾	N/A	N/A
连续帧(CF)	N_PCItype=2	SN ³⁾	N/A	N/A
流控制帧(FC)	N_PCItype=3	FS ⁴⁾	BS ⁵⁾	STmin ⁶⁾

注:1)单帧数据中数据域的字节长度,PCI的长度不包括在内;2)多包数据的数据域字节总长度;3)多包数据的数据包编号;4)流控制状态信息;5)数据块大小;6)多包数据传输的最小时间间隔。

单帧(Single Frame, SF)—数据域及PCI可在一个CAN数据帧中容纳时,服务报文以单帧CAN报文进行发送。

第一帧(First Frame, FF)—数据域及PCI不能在一个CAN数据帧中容纳时,服务报文以多帧CAN报文进行发送,其中第一帧(FF)除传送数据外,还包含了多包数据的长度信息。

连续帧(Consecutive Frame, CF)—多包数据中除第一帧外的连续数据帧,除传送数据外,还包含了多包数据的包序号。

流控制帧(Flow Control, FC)—用于多包数据传输过程中的流控制,不包含数据,只包含流控制状态、数据块大小和最小间隔时间等流控制信息。

多包数据的传输流程如图4。发送节点首先发送“第一帧”,告知接收节点将要发送数据的总长度;接收节点分配好资源,准备接收数据,然后以“流控制帧”告知发送节点一次可以发送的数据包数目和时间间隔;发送节点接下来就根据接收方的接收能力将编好序号的数据包依次发送过去。

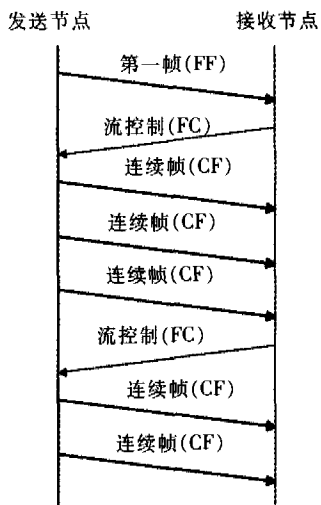


图4 多包数据传输流程

在数据传送过程中,一个网络层PDU被编排成一个CAN数据帧,它们之间的对应关系由寻址模式(Addressing mode)决定。基于ISO 15765协议规定了4种寻址模式:即正常寻址模式(Normal)、正常固定寻址模式(Normal fixed)、扩展寻址模式(Extended)和用于远程诊断的混合寻址模式(Mixed)。其中,正常固定寻址模式必须采用CAN扩展帧,并且SAE J1939为该寻址模式下的KWP2000诊断服务保留了两个专用参数组编号(PGN):其中PF=218(PF的具体定义请参考SAE J1939数据链路层协议)的参数组用于物理寻址(phy),PF=219的参数组用于功能寻址(fch)。正常固定寻址模式的PDU与CAN数据帧之间的对应关系如表6。

混合寻址模式与正常固定寻址模式类似,唯一的区别是CAN数据域的第一个字节用于填充远程地址(RA),N_PCI和诊断服务数据的填充位置向后移动一个字节。混合寻址模式用于跨越网段进行远程诊断,远程诊断的机制如图5所示。图中CAN1和CAN2两个不同的子网通过网桥相连,网桥在子网1中的源地址为200,在子网2中的源地址为10,位于子网1中的诊断设备(源地址为241)可通过网桥对子网2中的ECU(源地址为62)进行诊断。

4 两种协议的简单比较

由上述可见,两种协议在物理层、数据链路层及

表 6 正常固定寻址模式下 N_PDU 与 CAN 数据帧之间的对应关系^[7]

N_PDU 类型	CAN29 位标识符						CAN 数据域							
	28~26	25	24	23~16	15~8	7~0	1	2	3	4	5	6	7	8
单帧	011(bin)	0	0	218(dec)-phy 219(dec)-fen	N_TA	N_SA	N_PCI		N_Data					
第一帧	011(bin)	0	0	218(dec)-phy 219(dec)-fen	N_TA	N_SA	N_PCI		N_Data					
连续帧	011(bin)	0	0	218(dec)-phy 219(dec)-fen	N_TA	N_SA	N_PCI		N_Data					
流控制帧	011(bin)	0	0	218(dec)-phy 219(dec)-fen	N_TA	N_SA	N_PCI			N/A				

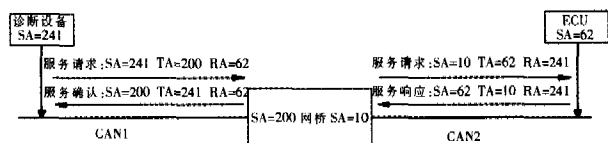


图 5 跨越网段的远程诊断

网络层(15765)上存在以下主要差别(K 线被 CAN 总线取代的主要原因):

- a. K 线通讯速率较低, 最大波特率仅为 10400bps;CAN 总线最大波特率可达 1Mbps。
- b. K 线采用单端信号传输, 抗干扰能力较弱, 可靠性较差;CAN 总线采用差分信号传输, 抗干扰能力强, 信号传输的可靠性高。
- c. K 线在启动应用层诊断服务之前必须对 ECU 进行初始化建立连接, 且初始化过程比较复杂; 基于 CAN 总线的诊断设备不需要对 ECU 进行初始化即可进行诊断服务。
- d. K 线诊断应用程序开发者必须亲自管理数据传输过程中的字节间定时, 并处理底层通讯错误; CAN 数据帧以整帧报文的形式进行发送, 应用程序开发者不必管理字节间定时, 并且 CAN 总线物理层和数据链路层具备完善的错误检测和错误恢复机制, 应用程序不必监视和处理底层通讯错误。
- e. K 线网络结构单一, 网络管理功能很弱; 而利用 CAN 总线可构建复杂的网络结构, 可跨越网段进行远程诊断。
- f. K 线网络采用破坏性的仲裁机制, 当诊断设备采用功能寻址与多个 ECU 进行通讯时, 为避免总线冲突, ECU 开发者必须采取措施保证多个 ECU 顺序访问总线; 而 CAN 网络采用非破坏性的仲裁机制, 并且仲裁过程由数据链路层完成, 当诊断设备采用功能寻址与多个 ECU 进行通讯时, ECU 开发者不必考虑总线访问冲突问题。

g. K 线服务报文最大字节长度仅为 255, 无法满足更长报文的传输要求, 并且在长报文的传输过程中用户自己必须采取措施进行连接管理, 可靠性

和兼容性较差;CAN 总线诊断服务报文最大字节长度可达 4096(12 位), 对于长报文的传输, 网络层协议还具备标准化和规范化的同步控制、顺序控制、流控制和错误恢复等功能, 具备很高的可靠性、兼容性。

5 KWP2000 协议栈的开发及测试

无论是基于 K 线还是 CAN 总线的 KWP2000 协议, 都是逻辑非常复杂的系统, 并且具有严格的定时和错误处理规范。如果采用纯手工的方式来进行 KWP2000 协议栈的开发, 不仅要耗费大量的时间和人力, 其通用性、完备性、可靠性和可维护性都很难保证。而 MATLAB/Simulink/StateFlow 不仅具备方便快捷的上层实时仿真环境, 还集成了高效的嵌入式代码自动生成工具, 为协议栈的开发和维护提供了强大的支持平台。此外, 由德国 Vector 公司的 CANoe 软件和相关硬件板卡组成的应用开发平台, 可用于汽车网络(CAN、Lin 等)的上层协议开发和系统测试, 该平台同时支持基于 K 线和 CAN 总线的 KWP2000 诊断协议, 可作为 ECU 和诊断设备的测试标准。

图 6 是协议源码开发过程示意图。首先在 MATLAB/Simulink/StateFlow 中遵照协议标准进行 KWP2000 协议栈开发, 在仿真调试环境下实现通讯逻辑、定时控制和错误处理, 待系统完善后利用 StateFlow 嵌入式代码生成工具自动生成协议栈 C 代码, 并与目标系统的底层驱动进行集成, 然后植入目标系统形成应用程序, 最后再利用 CANoe 作为标准进行系统集成测试。

在 MATLAB/Simulink/StateFlow 中进行协议栈仿真开发是协议栈开发过程中的关键环节, 在这一过程中必须严格遵照协议标准来实现通讯逻辑, 往往需要经过多次“设计-仿真-修改”循环才能使系统最终趋于完善。CANoe 的 KWP2000 协议测试环

境如图 7。

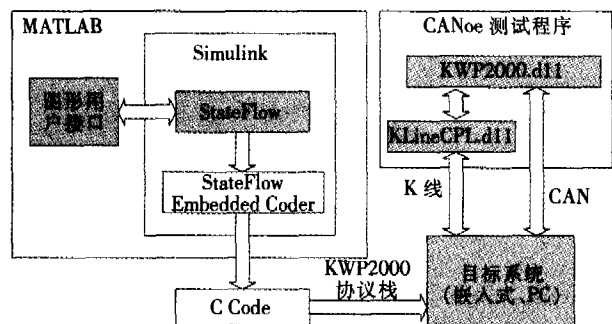


图 6 KWP2000 协议栈开发及测试流程

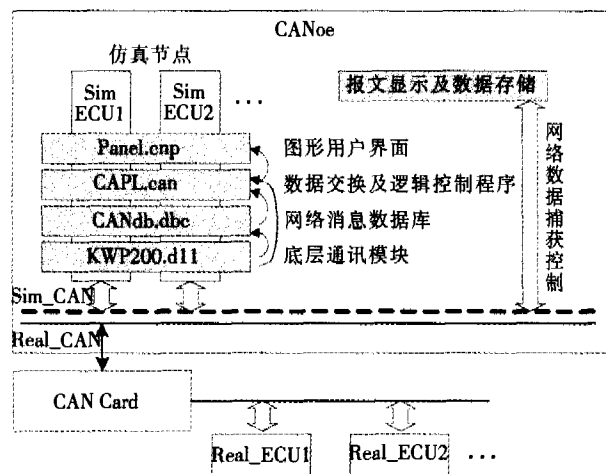


图 7 CANoe 的 KWP2000 测试环境示意

CANoe 中的 KWP2000 实际指的是基于 CAN 总线的 KWP2000, 即 15765 协议。由于 CANoe 默认的硬件板卡是 CAN 卡, 因此在建立仿真程序时, 只需将 ECU 的网络模块设置为 KWP2000.dll 即可进行 CAN 总线的 KWP2000 服务测试。KWP2000.dll 中包含 15765 应用层协议中规定的服务请求、服务指示、服务响应和服务确认接口函数, 用户调用这些函数即可完成 Tester 端和 ECU 端的 KWP2000 诊断服务。此外, 该模块中的功能函数还可对 ECU 的源地址、目标地址、寻址模式等参数进行动态设置。需要注意的是, KWP2000.dll 目前只提供了部分 KWP2000 服务的接口函数, 如果用户需要进行其它的 KWP2000 服务测试, 必须根据 KWP2000 应用层协议构造服务报文数据, 然后调用该模块中的 KWP_DataReq() 和 KWP_GetRxData() 函数进行报文的发送和接收。

进行基于 K 线的 KWP2000 服务测试时, 需要将 K 线 CPL.dll 模块加入 CANoe 仿真环境, 并使用一个代理节点来实现 CAN 网络和 K 线之间的报文转发。此时 CANoe 使用计算机的串口, 并通过一个串口/K 线转换器与实际的 ECU 相连, 如图 8 所示。

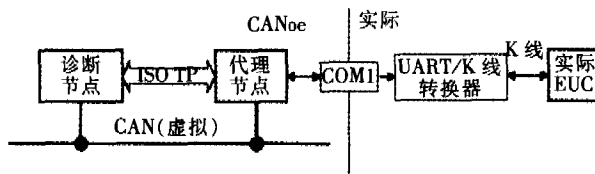


图 8 CANoe 中基于 K 线的 KWP2000 测试连接

6 结束语

KWP2000 是一套非常完善的车载故障诊断协议标准, 协议的分层结构使得 KWP2000 诊断服务并不依赖于某种特定的网络介质, 其应用层可以移植到任何一种物理层和数据链路层协议之上。基于 CAN 总线的 KWP2000 将成为下一代车载诊断协议的主流之一。

MATLAB/Simulink/Stateflow 为协议栈开发提供了方便直观的图形用户接口和功能强大的仿真调试环境及代码生成工具, 为嵌入式开发开辟了一条高效快捷之路。Vector 公司的 CANoe 和相关硬件板卡是一个功能强大的应用开发平台, 可针对基于 K 线和 CAN 总线的 KWP2000 进行 ECU 和诊断设备的上层协议开发、测试及仿真。

参 考 文 献

- 1 ISO / DIS 14229, Road Vehicles-Diagnostic Systems Diagnostic Services Specification.
- 2 ISO/WD 14230-1, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Key-word Protocol 2000-Physical Layer.
- 3 ISO/WD 14230-2, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Key-word Protocol 2000 - Data link Layer.
- 4 ISO/WD 14230-3, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Key-word Protocol 2000-Implementation.
- 5 ISO/WD 14230-4, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Key-word Protocol 2000-Requirements for Emission Related Systems.
- 6 ISO/WD 15765-1, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Diagnos-tics on CAN-General Information.
- 7 ISO/WD 15765-2, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Diag-nos-tics on CAN-Network Layer Services.
- 8 ISO/WD 15765-3, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Diag-nos-tics on CAN-Application Layer Services.
- 9 ISO/WD 15765-3, Road Vehicles-Diagnostic Systems-Diag-nos-tics on CAN-Requirements for Emission Related Systems
- 10 Schmidt.KLineCAPL_Manual.pdf, Germany: Vector Informa-tik GmbH, 2003.
- 11 Schmidt.KWP2000-Manual.pdf, Germany: Vector Informatik GmbH, 2003.

(责任编辑 付 蓉)

修改稿收到日期为 2006 年 2 月 11 日。