

文章编号: 1002-0411(2003)02-150-05

基金会现场总线 H1 与以太网互联模型

张贵军¹ 吴惕华^{1,2}

(1. 上海交通大学电子信息学院自动化系 200030; 2. 河北省科学院 050081)

摘要: 基于现场总线的发展趋势, 本文提出了一种基金会现场总线 FF 低速总线 H1 与以太网 LAN 的互联模型. LAN 上的管理工作站 MS 与 FF 上的主链路设备之间采用 Socket 进行数据的传输, FF 上的基本现场设备则是通过主链路设备中设备代理 DA 来实现与以太网的互联, 现场设备之间的通信则采用 FF 总线规范的 VCR 联接. 通过 TCP/IP 协议, 最终可实现与 Internet 连接.*

关键词: 基金会现场总线 FF; 以太网; 设备代理; Socket 接口

中图分类号: TP13

文献标识码: B

INTERCONNECTED MODEL FOR FOUNDATION FIELDBUS H1 AND ETHERNET

ZHANG Guirjun¹ WU Tihua^{1,2}

(1. Shanghai Jiaotong University; 2. Hebei Academy of Sciences)

Abstract: This paper presents a interconnected model for foundation fieldbus low-speed bus H1 and ethernet based on the development of fieldbus. In the interconnected model, the Socket interface is adopted between Management Station on the LAN and link master device on the FF. Taking advantage of the Device Agent in the Link Master Device, we can also connect the Base Device to the Management Station. As for communication between the fieldbus devices, virtual communication relation is still used.

Keywords: foundation fieldbus, ethernet, device agent, socket interface

1 引言(Introduction)

现场总线(Fieldbus)是智能控制设备之间全数字、全双工的以及实现多点访问的通信规范. 该技术规范将取代传统 4~20mA 的工业控制标准. 全数字的传输意味着信号的分辨率以及抗干扰性将会有极大的提高; 全双工则使线路的利用率提高一倍, 使控制器不仅仅能够从端设备读取数据而且能够写入数据, 从而真正实现设备的监测和控制; 多路访问则利用总线控制的技术, 使线路费用降到最低. 尤为关键的是实现了设备的互换性和互操作性.

以太网是基于 IEEE 802.3 标准的、适用于 CDMA/CD 协议的一种局域网. 快速、可靠的以太网现已趋向成熟, 现存在许多局域网协议如 TCP/IP、NetBIOS、Novell IPX/SPX、Appletalk、SNA、Banyan Vines 等, 利用已有的协议可以很好实现 LAN 与 LAN 以及 LAN 与 Internet 之间的互联.

随着基于 IP 的 Internet 的不断发展, 现场总线

和以太网之间的互联已经成为一种必然的趋势. 两者互联可提供对现场设备进行远程的监控和维护, 从而将自动化系统纳入企业级管理的范畴; 此外还可将现场设备获取的数据直接集成到企业已有的监控系统(如 SCADA 系统)之中; 由于这种联接是基于 IP 的, 因此最终还能在世界范围内的智能设备之间实现无缝的联接. 为了适应现场总线技术的发展趋势, 各个现场总线组织都推出了基于以太网的控制策略, 如 Profibus 和 ControlNet 于 1999 年发布了自己的以太网策略, FF 于 2000 年初也发布了 HSE 的正式协议文本, 并已成为 ICE 的正式规范之一.

当今存在着不同的现场总线规范, 如: FF、Profibus、HART、DeviceNet、ControlNet 以及 Lonworks 等等. 基金会现场总线 FF 的出现是为了实现总线规范的标准化, 实现各个厂商的不同设备之间的互操作性和互换性, 代表了现场总线的发

* 收稿日期: 2002-05-08

展方向. 由此, 本文提出了一种基金会现场总线 H1 (31.25kbit/s) 与以太网 LAN 联接模型, 在 LAN 之间采用 TCP/IP 协议; LAN 上的管理工作站 MS 与 FAN 上的主链路设备之间采用 Socket 协议进行数据的传输; FF 上的现场设备之间采用固有

的 VCR 连接.

2 基金会现场总线 FF (Fieldbus FF)

图 1 是 FF 现场总线的层结构模型及其对应的 OSI 参考模型之间的对应关系:

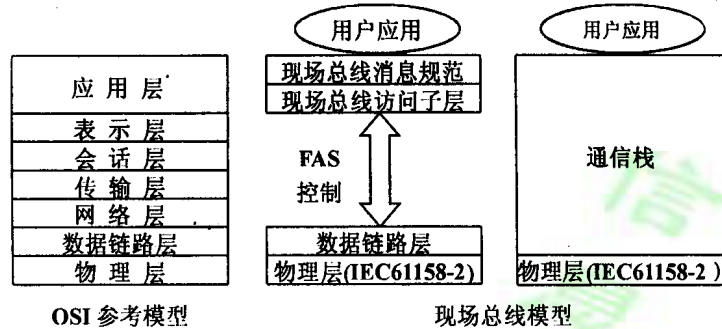


图 1 现场总线协议模型及其对应的 OSI 参考模型

Fig. 1 FF protocol model and OSI reference model

在基金会现场总线 FF 模型中, 上下层之间定义了清晰的接口以及下层对上层所提供的服务. 其中第三层现场总线规范子层 FMS 封装了不同设备的数据类型, 向用户应用层 UA 提供了统一的数据类型界面以实现设备的互换性和互操作性. 为了实现控制的设备无关性, 本文在 FSM 子层上建立了 FF 与以太网 LAN 之间的互联. 以下简要地介绍各层的规范以及向上层提供的服务.

物理层(PL): 遵循 IEC 和 ISA 标准, 采用 Manchester 编码, 使同步定时信号嵌入到传输的物理信号中. 该层对 DLL 提供的服务是: 接受来自通信栈的信息并将其转换成相应的物理信号沿现场总线传输.

数据链路层(DLL): 管理现场总线设备对线路的访问权限. DLL 实现管理访问权限主要是通过 LAS(Link Active Scheduler) 单元来实现的, 通过发布 CD、PT、PN、TD 消息来实现对总线线路的管理. 对 FAS 提供的服务是: 为 FAS 消息提供总线访问的服务, 确保每个设备以及系统管理都能拥有对总线的访问权利.

现场总线访问子层(FAS): 对上层屏蔽 DLL 层, 为 FMS 提供三种 VCR 服务: Client/Server Type VCR、Report Distribution Type VCR 以及 Publisher/Subscriber VCR 服务.

现场总线消息规范层(FMS): 定义了通信服务(一组调用函数)、消息格式以及协议行为的一组规范. 从而为 UA 提供统一的信息交换格式. 在实现与 Ethernet 的互联中进一步详细地对其进行讨论.

用户应用层(UA): 定义了现场设备唯一的资源块, 具体的功能块及相应变换块. 在 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型中没有定义该层, 该层主要实现用户设备的功能.

3 实现 FF 和 Ethernet 的互联(Connect FF to Ethernet)

国内外学者对现场总线 FF 与以太网 LAN 的互联研究主要是集中在以下几种方法: 其一就是将现场总线物理层的数据帧封装在 IP 分组的有载荷(Payload)中进行传输, 在这种方式中 LAN 和 Internet 只是作为一种传输介质, 只能适合同种的现场总线网络之间的互联, 因其附带太多的控制信息及其校验信息, 在一定程度上会降低网络传输的带宽; 其次就是基于 Windows 的 OLE、OPC 以及 DCOM 技术来提供一个现场总线网络的抽象接口和分布对象, 通过 RPC 远过程调用来实现各组件(即现场设备)之间的互联. OLE、OPC 以及 DCOM 技术是 Microsoft 和 DEC 软件工业标准, 在现场总线中的应用尚处于研究和开发中, 实现起来有一定的难度. 其他的就是一些利用诸如 SNMP 等协议来实现现场总线和以太网之间互联的方法.

为了实现互联模型的简单性、灵活性和通用性, 本文采用 Socket 来实现 FF 与 Ethernet 的联接. 这种通信方式提供了更多的特点和灵活性, 支持多种传输协议以及不同的服务类型, 有大量的 API 函数以及丰富的类库支持. 为了把对现场设备的软硬件要求降至最低, 模型应用了设备代理 DA 的概念, 即

LAN 上的计算机只与网段中的一台现场设备——主链路设备 LMD 相联, 而位于同网段的其他的现场设备通过主链路设备中设备代理 DA 与 LAN 上的计算机实现互联. 在一个现场总线的网段中只有一个活动的主链路现场设备.

该互联模型由以下四个部分组成:

- (1) LAN 上的管理工作站 MS
- (2) FF 上主链路设备 LMD
- (3) LMD 与 MS 之间的通信方式
- (4) LMD 中的基本设备代理 DA

PRE	SD	DLL PCI	FAS PCI	FMS PCI	UED	FCS	ED
PRE:		同步序列			SD:		起始界定符
DLL PCI:		DLL 协议挖掘信息			FAS PCI:		FAS 协议控制信息
FMS PCI:		FMS 协议控制信息			UED:		用户编码数据
FCS:		帧校验序列			ED:		终止界定符

为了实现设备的无关性, 本文在 FMS 层上实现与以太网的联接, 故传输的数据限定在 FMS 帧, 在 Socket 传输中将只传输物理帧中的 FMS PCI 和 UED 两部分的数据, 从而提高了线路的传输效率.

在进行数据传输之前首先建立 MS 和 LMD 之间的通信联接. 应用 SOCKET 原语创建一个新的端点并在传输实体内为其分配表空间, 调用参数设置所用地址格式、希望的服务类型和协议, SOCKET 调用成功将返回一个普通文件描述符, 用于后继的调用. 随后可以用 BIND 原语来赋予通信端点一个地址, 建立连接之后就可以使用 SEND 和 RECEIVE 原语进行数据的发送和接受了.

3.2 FAN 上主链路设备 LMD

在 FF 中有两种类型的现场设备: 主链路设备 (LMD) 和基本设备 (BD).

在 FF 中所有的链路上都要求有一个且仅有一个链路活动调度器 (LAS), 该 LAS 在数据链路层 DLL 被用作总线仲裁器. LAS 主要实现的是对循环数据通信和非循环数据 (报警、趋势报告等) 通信的定时以及各设备数据链路时间的同步, 向现场总线发布 CD、PT、TD 或者 PN 消息来控制现场设备对总线的访问. 在 FF 总线中凡能够成为 LAS 的设备称为主链路设备 LMD, 这也就是本文选择 LMS 与 MS 联接的主要原因.

以太网上的管理工作站 MS 和主链路设备 LMD 是在 FMS 层上实现互联的. FMS 层主要描述的是为用户应用 UA 提供通信服务以及消息格式

3.1 LMD 与 MS 之间的通信方式

LMD 与 MS 之间采用 Socket 通信方式. 在 LMD 和 MS 之间通信的时候, 必须要建立主链路设备 LMD 设备地址和 IP 地址之间的映射关系, 为此, 可在 LMD 现场设备中安装一以太网卡. 只有建立了两者之间的映射, 才可能方便地应用 Socket 来实现两者之间的通信. LMD 设备地址包含在该设备网络和系统管理 VFD 的 SMIB 数据库中. 即 LMD 设备应具有两种地址: 以太网 LAN 的 IP 地址和 FF 的设备总线地址.

FF 现场总线物理层数据帧格式如下所示:

和协议的行为. 为了实现总线设备的互操作性和互换性, 在总线上传输的数据都对对应着一个对象描述 (Object Description), 来描述该数据的数据类型、传输方式 (是从小端 32 位的传输还是大端 16 位的传输) 等等. 由所有数据的对象描述组成了对象字典 (Object Dictionary), 简称为 OD, 如图 2 所示. OD 是现场设备的一个数据结构, 该结构的索引 0 称为 OD 头, 提供了对 OD 本身的描述并指向第一条 UA 对象描述; 索引 1~255 是系统定义的标准数据类型, 如 Boolean、integer、float 等等; 索引大于 255 的是 UA 对象的描述. Socket 传输数据就是 FMS 层的编码数据 FMS PCI 和 UED, 管理工作站接收到该数据后必须进行解码, 转换成本地数据类型.

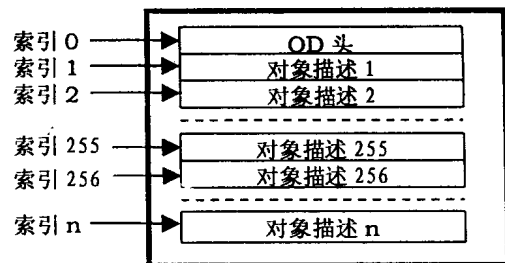


图 2 对象字典 OD

Fig. 2 Object dictionary OD

3.3 LAN 上的管理工作站 MS

MS 是 LAN 上的计算机, 主要是用来与 FAN 上的 LMD 进行通信, 并负责与同 LAN 以及不同 LAN 之间的通信, 前者采用 Socket 连接, 后者采用

TCP/IP 协议进行通信。

每个现场设备都具有一个或者是多个变量来描述其状态, 在 FF 中称之为对象(Object), 它和面向对象系统中对象的含义是不一样的, 它只有状态, 没有方法。现场总线消息编码格式是由抽象语法符号 1 ASN.1 来定义的, ASN.1 是一种标准的对象语言和编码规则, 具有明确的位编码规则。为了使 FMS 层编码数据转换成本地数据格式, 在管理工作站 MS 定义了一个数据结构: 管理数据库 MIB。

MS 管理数据库设计成两部分: ASN.1 数据描绘(ASN.1 Data Description) 以及本地数据(Local Data), 其功能主要是实现现场设备数据格式与本地操作系统的数据库格式互换, 如图 3 所示。

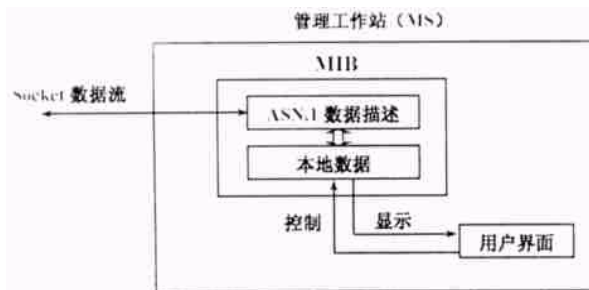


图 3 MS 中的管理数据库模型

Fig. 3 Management database model in MS

3.4 LMD 中的基本设备代理 DA

在互联模型中, MS 与现场总线基本设备 BD 之间的通信是通过 LMD 中的设备代理 DA 来实现的。

任何一个典型的现场设备至少有两个虚现场设备 VFD (Virtual Field Device): 网络和系统管理 VFD (Network and System Manage VFD) 和用户应用 VFD (User Applications VFD)。VFD 用来访问 OD 中描述的当地设备数据, 如图 4 所示。

网络和系统管理 VFD 可以访问 NMIB 数据库, NMIB 包含有虚通信关系 VCR (Virtual Communication Relation), 现场设备在现场总线上的通信就是通过 VCR 来实现的。

设备代理 DA 实际上是位于 LMD 设备用户应用层的一个数据库。FF 上的现场设备虽然在物理上连接在同一对双绞线上, 但是在逻辑上是一个环网。在 MS 与现场总线基本设备 BD 之间通信时, 首先 MS 与 LMD 设备的 DA 进行 Socket 通信, 然后再在 DA 与现场总线基本设备 BD 之间进行 VCR 通信, 其通信的形式可以采用 Client/Server VCR 的方式。

采用上述的互联可以确保把对现场总线基本设备的要求降至最小, 而且实现起来也比较容易, 因为现场总线设备之间的数据通信仍然可以按照已有的规范来进行数据交换。

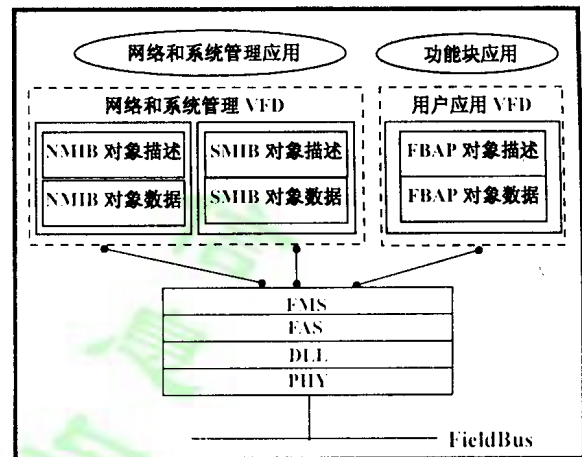


图 4 现场总线设备中的虚设备 VFD

Fig. 4 Virtual field device in FF

4 结论 (Conclusion)

该互联模型结合 Socket、VCR 以及 TCP/IP 协议实现了基金会现场总线 FF 与以太网 LAN 的联接, 从而实现了现场设备进行远程的监控和维护, 将 FF 现场总线纳入了企业级管理的范畴。模型可以采用一些成熟的局域网管理软件 (如 SNMP) 以及网络编程来实现。其互联模型如图 5 所示。

该互联模型具有以下优点:

1) MS 和 LMD 之间的通信采用了 Sockets 协议, 可采用多种协议以及不同服务类型, 使通信联接更加灵活, 应用更加广泛。

2) 由于在 LMD 中添加了设备代理 DA 模块, 使 LMD 与现场总线基本设备之间采用了 VCR 通信方式, 降低了对现场总线基本设备 BD 的软硬件要求, 从而降低了设备的成本。

3) 通过在 MS 上扩充相应的管理数据库, 可以实现不同现场总线网络的互联。

4) 由于 LAN 之间的传输是基于 IP 的, 可方便地联接到 Internet。

在跨越 LAN 对现场设备进行远程的控制时, 由于 IP 网络并不具备实时的数据传输, 当一个 LAN 上的 MS 控制另一个 LAN 上的现场总线设备时, 那些要求固定的数据传输速率以及确定响应时间的应用将受到限制。这一点随着 IPv6 推出及其 QoS 的提高将有所改善。此外在实现互联的过程中

还应该考虑数据交换的安全问题, 在此本文没有加以讨论.

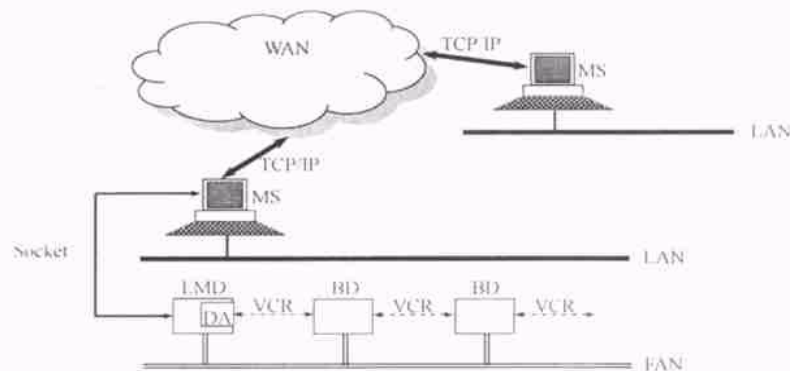


图 5 FF-LAN 互联模型

Fig. 5 FF-LAN connective model

参 考 文 献 (References)

- David A. Foundation fieldbus technical overview FD-043 Revision 2.0 [Z]. www.fieldbus.org/pdf/fd-043s.pdf, 1998
- Digital data communications for measurement and control-fieldbus for use in industrial control system, Part3: Data Link Service Definition and Part4: Data Link Protocol Specification 61158DIS, IEC SC65C/WG6-ISA SP50 [Z]. http://www.iec.ch/new_center/release/nr2000/nr0200.htm, 1994~1998
- Michael Kunes, Thilo Sauter. Fieldbus-internet connectivity: the SNMP approach [J]. IEEE Transaction Industrial Electronics, 2001, 48(6): 1246~1256
- Dietrich D, Sauter T. Evolution potentials for fieldbus systems [A]. Proc. IEEE Int. Workshop Factory Communication Systems [C]. Porto, Portugal: 2000. 343~350
- Neumann P, Iwanitz F. Integration of fieldbus systems into distributed object-oriented systems [A]. Proc. IEEE Int. Workshop Factory Communication Systems, WFCs'97 [C]. Barcelona, Spain: 1997. 247~253
- Hadlich Th, Szczepanski Th. OPC-making the fieldbus interface transparent, in fieldbus technology [M]. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1999. 256~266
- Tanenbaum A S. 计算机网络(第三版). 北京: 清华大学出版社, 1998
- 博嘉科技. Visual C++ 6.0 网络编程实例教程 [M]. 北京: 希望电子出版社, 2002

作者简介

张贵军(1974-), 男, 博士研究生. 研究领域为网控一体化, 管网优化调度的研究.

吴惕华(1939-), 男, 博士生导师, 上海交通大学教授.

(上接第 149 页)

参 考 文 献 (References)

- 郑辑光, 施仁, 王孟效. DMC 控制器的一种新的无扰切换方法 [J]. 控制理论与应用, 2000, 17(1): 60~64
- Clarke D W. Adaptive predictive control [J]. A. Rev. Control, 1996, 20: 83~94
- 席裕庚. 预测控制 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1993
- Clarke D W, Mohtadi C, Tuffs P S. Generalized predictive control, Parts 1 and 2 [J]. Automatica, 1987, 23(2): 137~160
- 郑辑光, 施仁, 王孟效. 纸机先进控制算法研究 [J]. 西安交通大学学报, 2001, 35(12): 1271~1274

作者简介

郑辑光(1967-), 男, 讲师, 博士. 研究领域为预测控制, 智能仪表及分布式控制系统.

施仁(1935-), 男, 教授, 博士生导师. 研究领域为自动化仪表与过程控制.

王孟效(1941-), 男, 教授. 研究领域为造纸过程自动化系统的开发与应用等.