

# 现场总线技术的发展与工业以太网综述

魏庆福 航天信息股份有限公司

## Abstract

In this paper, the author analyzes the status and the development of fieldbus. The feasibility of Ethernet used as the standard of fieldbus is introduced in detail, as well as the TCP/IP used in Ethernet and the application of Ethernet/IP is introduced in the paper.

**Keywords:** fieldbus, Ethernet, TCP/IP, Ethernet/IP

## 摘要

本文分析了现场总线技术的现状以及发展方向,并就工业以太网作为今后现场总线技术标准的可行性进行了详细的论述。同时对 TCP/IP 与以太网相结合的问题进行了阐述,并提出了工业实时 Ethernet 即 Ethernet/IP 的概念以及应用前景。

**关键词:** 现场总线, 以太网, TCP/IP, Ethernet/IP

作者在 '99 工控机年会上作了一个“现场总线已进入战国时代”的报告<sup>[1]</sup>,报告中用三句话描述了当时现场总线的现状:“激烈竞争,多种现场总线并存已成大势;相容并蓄,多种现场总线共有于一个系统;异军突起,Ethernet 进军工业自动化。”同行们十分热烈地讨论这些问题。

本文将继续讨论现场总线技术的发展问题。

## 1 现场总线标准化进程

8 种现场总线成为 IEC61158 现场总线标准经过 14 年的纷争,最后 IEC 的现场总线标准化组织经投标,通过由以上 8 种现场总线成为 IEC61158 标准。即:FF 的 H1, Control Net, Profibus, Interbus, P-Net, WorldFIP, Swiftnet, FF 之高速 Ethernet 即 HSE。

其中,P-net 和 Swiftnet 是专用总线,Control Net、Profibus、Worldbus 和 Interbus 是从 PLC 发展而来的,而 FF 和 HSE 是从传统 DCS 发展而来的。这 8 种现场采用的通信协议完全不同,因此,要实现这些总线的兼容和互操作是十分困难的。

由于各生产厂商要尽可能地控制市场份额,保护各自过去的投资利益,经过 14 年的长期争论而意见难以统一,于是各自退回原地,开展了一场保卫各自“领地”的战斗。目前,这 8 种现场总线都在各自修改其应用层协议,支持 IEC61784 规范,朝着争取通过高层协议达到相互兼容之目的。预计到 2002 年完成工作,使 IEC61158 成为一个基本统一的由多部分组

成的标准。

众所周知,最早的气动单元组合仪表采用 0.2-1.0kgf/cm<sup>2</sup> 统一标准化气动信号,电动单元组合仪表采用 4-20mA 标准化信号互连,任何厂家的产品均可以实现互连,这两代仪表系统都得到了健康发展。而现场总线标准由于来自于不同产品和生产厂家,经 14 年争论也无法达成统一,多标准等于无标准。市场迫切需要统一标准的现场总线控制系统,只有通过制定新标准才能实现,为了加快新一代系统的发展,人们开始寻求新的出路。

几种可能的出路是:

出路一:各种现场统一到 1-2 种。IEC61158 的产生本身就说明这种可能性很小。

出路二:开发所有现场总线通用的接口。成本较高且难度较大。

出路三:各国不理睬 IEC61158,采用自主知识产权的协议。这不符合经济全球化发展趋势。

出路四:采用已经是通用的国际标准 Ethernet、TCP/IP 等协议,并使其在工业领域成熟应用,易于被广大国家用户、集成商、OEM 和制造商接受和欢迎。

## 2 Ethernet 在工业自动化中应用的若干问题

Ethernet 进军工业自动化的主要动力正如前一报告中所指出,主要是:成本低;速度的提高,因普遍应用所形成的硬件资源、软件资源和广泛支持。Ethernet 是世界上应用最多的网络,超过 93% 的网络节点为 Ethernet。

Ethernet 用于工业自动化有以下一些问题需要解决:

#### (1) 实时性问题

实时性就是信号传输足够快加上确定性。Ethernet 采用 CSMA/CD 碰撞检测方式,网络负荷较大时,网络传输的不确定性不能满足工业控制的实时要求;

- 交换式 100M Ethernet 已广泛应用,能提供足够的带宽和减少冲突。

- 全双工网络和具优先权的传送机制得保证确定性。

- 典型的工业应用,峰值负载为 10M Ethernet 的 5%,在 100M Ethernet 网中负载为 0.5%,而 Ethernet 只有当负载达 40%以上时才会有明显的延迟现象。

- 在 100M Ethernet 网中,发送一个包延时超过 2ms 的状况五年也不会发生一次。美国电力研究院的实验结果可保证延时在 4ms 以内。

#### (2) Ethernet 如何满足现场环境问题

它所用的接插件、集线器、交换机和电缆等是为办公室应用而设计的,不符合工业现场恶劣环境的要求,在工厂环境中,Ethernet 抗干扰性能较差。若用于危险场合,它不具备本安特性。也不具备通过信号线向现场仪表供电的性能。

随着网络技术的发展,上述问题正在迅速得到解决。为了解决在不间断的工业应用领域,在极端条件下网络也能稳定地工作的问题,美国 Synergetic 微系统公司和德国 Hirschman 公司专门开发和生产了导轨式收发器,集线器和交换机系列产品,安装在标准 DIN 导轨上,并有冗余电源供电,接插件采用牢固的 DB-9 结构。

美国 NET silicon 公司研制的工业 Ethernet 通信接口芯片,每片价格已降至 10-15 美元,与各种现场总线芯片相比,具有很大的价格优势。

现在的工业 Ethernet 现场总线采用一种称作连接装置(linking device)类似带开关的集线器结构,很好地解决了 Ethernet 的时间确定性问题。目前,Profibus、Devicenet、Controlnet 和 Lonworks 等都打算使用 Ethernet。这些公司都在研究通过隧道(Tunnel)的简单传输机构,使用 Ethernet 传送报文。有文章以图 1 的方式表达了 Ethernet 与现场总线的市场趋势。

(3)在工业控制中使用 Ethernet 如何获得技术支持

由于采用与商用 Ethernet 相同的技术,因此,具有最广大的支持网络和资源。

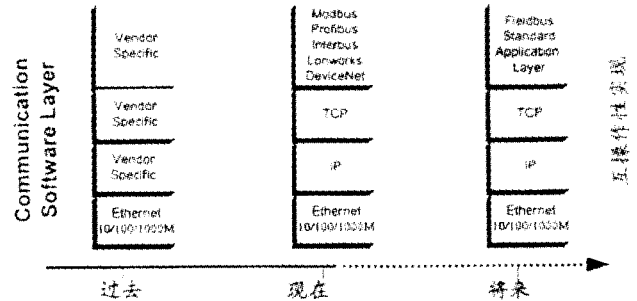


图 1 Ethernet 与现场总线的市场趋势

为了促进 Ethernet 有工业领域的应用,国际上成立了工业 Ethernet 协会(Industrial Ethernet Association, www.Industrial.Ethernet.com) 和 IAONA (www.iaona.com) 并与美国 ARC Advisory Group, AMR Reseach 研究中心和 Gartner Group 等机构合作,开展工业 Ethernet 关键技术的研究。美国电气工程师协会(IEEE)正着手制定现场装置与 Ethernet 通信的新标准,该标准让网络直接看到对象(object),这些工作为 Ethernet 进入自动化的现场级打下了基础。

为适应市场趋势,全球主要自动化厂商和组织加强了工业 Ethernet 实现:

- 法国施耐德公司:四年前,推出透明工厂战略就使其成为工业 Ethernet 应用的坚决倡导者,Modbus TCP/IP (1998) 是目前工业 Ethernet 事实的标准,并促进 Ethernet 在传感器和设备级的应用。

- 德国西门子公司:1998 年发布工业 Ethernet 白皮书。于 2001 年发布其工业 Ethernet 的规范,称为 ProfiNET。

- 美国洛克威尔自动化公司:2000 年,发布工业 Ethernet 规范,称为 EtherNet/IP。

- 基金会现场总线 FF:2000 年,发布工业 Ethernet 规范,称为 HSE。

#### (4) Ethernet 与网络安全问题

在工厂运用互联网技术并不意味着工厂网络一定要连接到互联网。采用网络的工厂,连入互联网均使用 TCP/IP。这样就面临互联网类似的安全问题。

安全隐患:病毒、工业间谍、黑客、软件 BUG、恐怖主义。

黑客的动机:金钱、信息、恐怖主义、破坏、政治等,工业现场相对较少吸引力。同时,黑客行为是高技术的,有费时费力费钱的代价。

物理连接管理提高安全性:PLC操作系统是专有的,不易受到黑客、病毒的侵害。

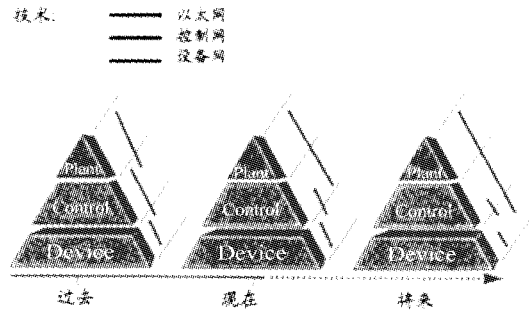
RAS、VPN 提供远程访问:硬件身份识别。

可提供多种安全机制:用户密码、数据加密、防火墙等。

随着生物信息技术的发展,指纹、声音的生物信息将为网络安全带来大的提高。

### 3 基于 TCP/IP 的 Ethernet 在工业自动化中的应用

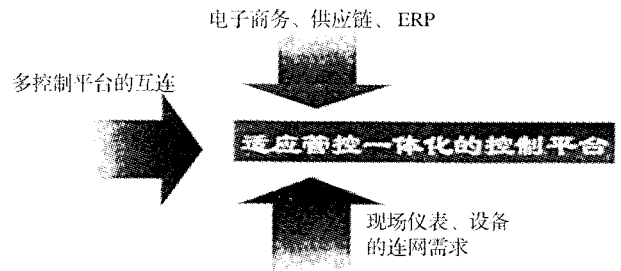
Ethernet 仅仅只有物理层和链路层规范,它通常和 TCP/IP 等平台无关的协议结合应用。我们所指的 Ethernet 实际上是指基于 TCP/IP 协议的 Ethernet,即 Ethernet/IP。过去,生产 PLC 为主的公司都使用 Ethernet 完成信息级通信,其中,西门子公司公司的 SIMATICNET 将 Ethernet 应用到车间级,并有向下层通信的趋势;随着 FF HSE 的开发成功,Ethernet 将广泛应用于工业控制系统的监控网络。特别令人感兴趣的是,国际上有些公司,已推出了完全以工业 Ethernet 为基础的控制系统,其工厂级、监控级和现场级均采用基于 TCP/IP 通信协议的工业 Ethernet,配备 Web server 功能,而且,这种趋势愈来愈明显,人们预测,像当年工业 PC 进入工业自动化领域一样,Ethernet/IP 将会十分迅速地进入工业控制的各级网络,如图 2、图 3。



三个全球主要汽车制造厂家的研究表明,以太网可满足工厂 90% 的网络需求。

图 3 以太网和现场总线的市场趋势

基于 TCP/IP 的 Ethernet 构成的工厂网络的很大优点是将工厂的商务网,车间的制造网络和现场级的仪表、设备网络构成了畅通的透明网络,并与 WEB 功能相结合,与工厂的电子商务、物资供应链和 ERP 等形成整体,这就是施奈德的透明工厂概念,如图 4。



自动化不再是孤立的系统,其含义已超越了继电器控制或 PLC

图 4 施奈德的透明工厂概念

所谓透明工厂,它基于开放的 Internet 和 Ethernet,实现:

结合开放的商业化技术的应用: OPC servers, Ethernet, Internet, IEC1131。

基于 IT/Internet 技术开发产品:嵌入式网页服务器和浏览器提供对 PLC 数据的访问和可视化。

采用开放的网络策略:TCP/IP,物理层 Ethernet。

创建现有的 PLC 作为“内容提供商”:嵌入式服务器插件和 OPC server。

### 4 Ethernet 与其应用层协议——Ethernet/IP

按照互联网参考模型的 7 层协议, Ethernet 只提供了物理层和链路层协议,它的应用通常和 TCP/IP 等协议结合应用。而且,应用层协议不同,则难以保证其互操作

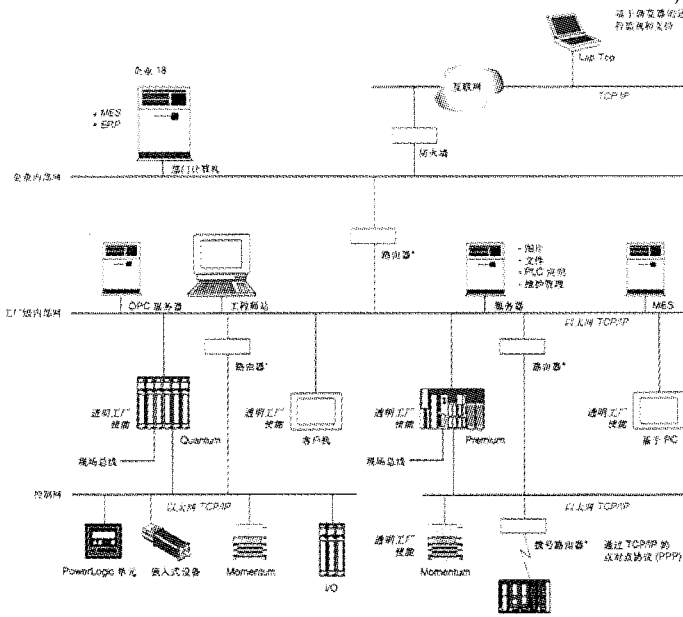


图 2 施奈德公司的透明工厂网络结构

性。

传输控制协议/网际协议(TCP/IP)是因特网的网络层和传输层协议。在商业领域,它的互操作性由因特网的应用层的文件传输(FTP)、终端仿真(Telnet)、电子邮件(SMTP)、和其它公共协议保证。而在自动化领域,尚无标准的应用层,各自动化厂商都有自己的应用层,如 modbus Ethernet TCP/IP 就是一种应用层协议。

为了在不同的网络设备中实现互操作,公共应用层是必须的。当前,多个组织正在为工业自动领域的 TCP/IP 定义公共的应用层协议。特别是将 Ethernet 用于现场设备级,这是当前的热点课题。例如,面向制造自动化的 Ethernet,产生了一种基于控制和信息的协议(CIP)的新型 Ethernet—工业实时 Ethernet。这是为传输控制协议/用户数据极协议/网际协议(TCP/UDP/IP)定义的、基于主机/客户机的控制和信息协议。Ethernet 的 CIP 称为 Ethernet/IP。

CIP 是专为工业控制设计的,应用层协议,提供了访问数据和控制设备操作的服务集。它采用用户数据协议/网际协议(UDP/IP)和传输控制协议/网际协议(TCP/IP)作为 Ethernet 网上的控制和信息协议,允许发送显式(信息)和隐式(控制)报文。其中,隐式报文是对时间有苛刻要求的 I/O 信息(事件触发、控制器互锁等),通过 UDP/IP 完成的隐式报文中数据区包含实时 I/O 数据(CIP 的控制部分);显式报文是无时间苛刻要求的点对点信息,可由 TCP/IP 完成(CIP 的信息部分)。CIP 向终端用户提供了自动化系统必不可少的控制、组态、数据采集服务功能,为面向自动化领域提供了 Ethernet 网上的工业自动化设备的互操作性和可换性,如图 5。

CIP 应用对象,设备行规	
CEP 网络和传输	
I/O 隐性报文	显性报文
封装协议	
UDP	TCP
IP 多信道广播	IP
Ethernet	

图 5 采用 UDP/IP、TCP/IP 的 CIP 实时 Ethernet

最近,著名的工业通信技术三大国际组织——ODVA 和 PI 在美国德州休斯敦新闻发布会上发表公开信,声称他们迄今为止相互竞争的现场总线——以

以太网解决议案要在 OPC 建议的 DX 协议下彼此协调以推进标准化工作。特别是就定义工业以太网的功能和互操作性达成共识,并将如下方面作为工作重点:

IP 地址即插即用互操作的通用策略、装置描述和恢复机制;网络诊断议案;指导使用 WEB 技术;一致性测试需求;产生一种应用接口,以消除协议间的差异。

其中,OPC DX 是一个开放的解决议案,允许当今市场上存在的标准—FF 的 HSE/H1,ODVA 的 CIP 和 PI 的 ProfiNet 相互并存。OPC DX 标准提供了可互操作的数据交换和在以网上服务器对服务器的通信。它是已存在的 OPC 数据访问规范的扩充,它还扩充了运行时间内的数据共享交换及实时协议应用的独立性。利用扩充的 OPC 接口,可以协调和互连不同现场总线组织的不同协议。OPC DX 规范和源码将在 2001 年 12 月份公布,来自多个生产厂商的原型预计在 2002 年 4 月出现。

## 5 Ethernet 作为现场总线的前景、困难以及对策

### (1) Ethernet 作为现场总线的前景

自动化系统和管理信息的进一步融合,WEB 技术和无线等应用促使自动化网络采用通用的 Ethernet。

主流自动化厂商对 Ethernet 工业应用的积极态度将起到强大的推动作用,同时也缓解总线之争的负作用。

Ethernet 本身的迅速发展,在性能和价格上还有很大的改善空间。

Ethernet, TCP/IP 本身未解决互操作性问题,但为之铺平了道路。

在单元和模板以上, Ethernet 已具有优势。在传感器级别,性价比还不具竞争力,有大材小用之嫌。

在仪表等领域, Ethernet 要满足本安型应用有一定难度,也很难满足对仪表供电等要求。市场集中度进一步提高, Ethernet 有显著增长。主要厂商目前的动态表明对 Ethernet 的预期仍然保守。Ethernet 与现场总线的市场趋势如表 1。

### (2) 促进工业 Ethernet 应用对中国产业界的影响及建议

由于中国对总线之争未付出大的代价,同时也没有一种总线在中国占压倒性优势,跟踪并采用国际先进的技术可以发挥后发优势,迅速缩短与发达国家的差距。

# 现场总线与列车通信网络

谢维达 赵亚辉 徐晓松 同济大学电气工程系(200331)

## Abstract

This paper analyzes and compares MVB&WTB which were figured by TCN to some fieldbuses on technical specification of application field. It was used for reference to selection of Train Communication Network on board.

**Keywords:** field bus, MVB, WTB, train communication, network

## 摘要

本文从应用的角度出发,将TCN标准所定义的WTB和MVB与一些常用的现场总线在技术性能上进行了分析和比较。为列车通信网络的应用选择提供参考。

**关键词:** 现场总线,多功能车厢总线,绞线式列车总线,列车通信,网络

列车通信网络(包括地铁列车、城市轻轨列车上的通信网络)是面向控制的一种连接车载设备的数据通信系统,是分布式列车控制系统的核心组成部分。铁路列车以及地铁、城市轻轨列车对标准车载数据通信系统的需求也可以看作是整个工业界对标准的现场设备数据通信系统需求的一个缩影。

正如 IEC61158 现场总线标准一样,IEC 联合

UIC 经过十年的工作制定了一个用于规范车载设备数据通信的标准 IEC61375-1——列车通信网络标准即 TCN 标准。TCN 将列车通信网络分成用于连接各节可动态编组的车辆的列车级通信网络 WTB 和用于连接车辆内固定设备的车辆通信网络 MVB。从某种程度上来看,WTB 和 MVB 也可以被认为是应用于列车上的现场总线标准,它们都从现场总线技术的

表 1 Ethernet 和现场总线的市场趋势

Fieldbus	1999(%/)	2003(%/)	2006(%/)
Profibus	18	19	19
D/C Net	16	17	18
Modbus	15	16	17
Ethernet	13	18	23
FF	3	6	9
Others	35	24	14
TOTAL	100	100	100

Key: Profibus=DP, FMS, PA, AS-I (Siemens)  
 D/C Net=DeviceNet, ControlNet, Remote I/O (A-B/Rockwell)  
 Modbus=Modbus Plus, Modbus/TCP (Schneider)  
 FF=Foundation Fieldbus/WorldFIP

“过程控制领域现场总线市场变化”——资料来源: Frost&Sollivan

采用开放、免费并且无知识产权限制的技术: Ethernet、TCP/IP, 可以节约资金, 减少技术的依赖性。并有利于自主知识产权技术的开发。

减少专有网络的影响, 有利于形成公平的市场竞争环境, 有利于中国与国际接轨, 降低项目投资费用。

采用 Ethernet、TCP/IP 等开放的技术, 可以促进 WEB 自动化等更先进技术和模式在中国的应用。有利于制造业中间件软件市场的形成, 为中国参与下一波国际技术竞争创造良好的条件。

## 参考文献

- 1 魏庆福. 现场总线技术发展的新动向. 工业控制计算机, 2000.1
- 2 缪学勤. 现场总线技术最新进展与我们的对策. 世界仪表与自动化, 2001.5
- 3 谢凌广, 吴乃, 黄北杰. 面向制造自动化的以太网技术. 测控技术, 2001.6
- 4 施奈德电气资料: 透明工厂—开放的自动化世界

[收稿日期: 2001.9.13]