

WorldFIP

现场总线原理、 开发及应用

梁庚 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

梁庚 编著

参考前篇。

(3) 本书中部分内容已经出版, 如:

本书全面、系统、详细地介绍了总线技术，包括总线的分类、总线标准、总线拓扑结构、总线协议、总线接口技术等。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材，也可供从事总线技术的工程技术人员参考。

中国电力出版社



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是一部详细、系统、全面介绍 WorldFIP 现场总线技术的作品, 全书包括 WorldFIP 现场总线技术综述、WorldFIP 现场总线技术原理、WorldFIP 现场总线技术开发和 WorldFIP 现场总线技术的应用及分析四部分内容。

本书旨在对使用 WorldFIP 现场总线技术和对现场总线技术从事相关学习、研究工作的读者而言, 具有切实的参考价值 and 实用意义。

图书在版编目 (CIP) 数据

WorldFIP 现场总线原理、开发及应用/梁庚编著. --北京:
中国电力出版社, 2010.3

ISBN 978-7-5083-9999-7

I. ①W… II. ①梁… III. ①总线-技术 IV. ①TP336

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 006132 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 http://www.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

x

2009 年 12 月第一版 2009 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18 印张 428 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

WorldFIP 现场总线原理、开发及应用

信息和网络技术的飞速发展产生了自动化领域的深刻变革,基于网络技术的全分布式控制成为自动化的主要发展方向,现场总线技术成为这种重大变革的技术基础。WorldFIP 现场总线是一种很有前途的总线技术,是一种面向工业控制的现场总线,技术上有很多特点与优势,独特的双总线冗余体系是其他类型的现场总线无法比拟的,具有前瞻性和历史性的意义,使其非常适用于高可靠性过程控制领域,如在电力生产中,为大型生产设备现场级的高可靠性测控提供了理想的解决方案。WorldFIP 现场总线技术在国际上已广泛应用于发电、输配电、加工自动化、过程自动化和铁路交通等领域。

WorldFIP 现场总线是一种很有前途的现场总线技术,涉及的技术和应用十分广泛,而目前系统、全面、详细介绍 WorldFIP 现场总线技术的著述和资料非常少,有关单位和个人在 WorldFIP 现场总线的研发方面感到相关技术资料不足,很多科研人员非常渴望得到一本能将原理、开发及应用结合起来系统讲述的著述。作者在追踪国际上 WorldFIP 现场总线技术发展、从事相关科研开发的过程中,收集整理了作者及其课题组成员多年来的实际研究成果,参考了国内外有关文献资料编写了本书。

本书的主要特色为:

(1) 本书详细、系统、全面地介绍了 WorldFIP 现场总线技术,其中包括对 WorldFIP 现场总线技术原理的详细介绍;为便于读者的参考和借鉴,专门设置一整章来全面、详细介绍 WorldFIP 技术有关开发的内容;同时,使用一整章详细介绍了 WorldFIP 现场总线在过程控制、机车车辆控制等行业的实际应用,给出了详细的应用案例,并对案例进行了详细的分析,为读者对于 WorldFIP 技术的评选和应用提供了切实的指导。

(2) 本书的编写是基于作者及其课题组成员多年来的实际科研工作的积累编写而成的,其中较大部分内容都是来自作者课题组实际的开发和应用方面的积累,具有较强的实用性和参考价值。

(3) 本书中较多内容是作者、研究生多年来研究工作的总结,已经实践检验是可以应用的。

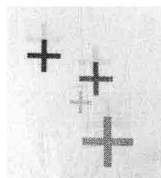
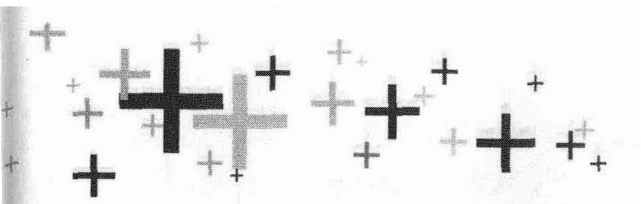
本书全面、系统、详细地介绍了 WorldFIP 现场总线技术,旨在对使用 WorldFIP 现场总线技术进行开发的读者来说具有切实的参考价值,对于使用其他类型现场总线技术进行开发的读者来说,具有较大的交叉参考的意义,为各位同行在进一步研究、开发、应用 WorldFIP 现场总线技术时,提供一个更为良好的基础条件,能对我国 WorldFIP 现场总线

技术的开发与推广起到积极的作用。

全书内容除来自作者本人及其课题组相关的研究成果，还包括部分公开和未公开发表的书籍、杂志等相关文献，在此谨向课题组成员和这些作者表示衷心感谢。由于受作者水平所限，对 WorldFIP 现场总线技术的研究和开发还有待深入，书中不可避免地存在一些缺点和不足，恳请读者批评指正。

梁 庚

2009 年 2 月于华北电力大学



目 录

WorldFIP 现场总线原理、开发及应用



前言

1 WorldFIP 现场总线技术综述	1
1.1 WorldFIP 现场总线技术的产生及发展	1
1.2 WorldFIP 现场总线技术的特点与优点	6
1.3 WorldFIP 现场总线技术的体系结构	11
2 WorldFIP 现场总线技术原理	14
2.1 引言	14
2.2 物理层	15
2.3 数据链路层	26
2.4 应用层	46
2.5 网络管理	54
2.6 WorldFIP 的安全性	60
3 WorldFIP 现场总线技术开发	63
3.1 概述	63
3.2 WorldFIP 现场总线技术的硬件体系	65
3.3 WorldFIP 现场总线技术的软件体系	134
3.4 WorldFIP 现场总线技术开发工具	168
3.5 基于 WorldFIP 现场总线技术的设备开发	184
3.6 基于 WorldFIP 现场总线技术的功能块应用开发	241
4 WorldFIP 现场总线技术的应用及分析	250
4.1 WorldFIP 现场总线技术的在电站控制系统中的应用及分析	250
4.2 WorldFIP 现场总线技术的在变电站自动化监控系统中的应用及分析	272
4.3 WorldFIP 现场总线技术的在机车车辆控制中的应用及分析	277
参考文献	279

WorldFIP 现场总线技术综述

1.1 WorldFIP 现场总线技术的产生及发展

1.1.1 WorldFIP 现场总线技术的产生

现场总线技术自 20 世纪 80 年代产生和发展以来,一直都是工业控制领域的热门技术,各自动化厂商纷纷推出自己的现场总线产品,出现了多种具有一定规模 and 市场份额的现场总线技术。如果以既能满足过程控制安全可靠的需要,又能适应信息技术发展所带来的智能化、网络化的趋势、并且网络是开放的作为衡量标准,那么能够达到这一标准的现场总线技术则不多。

WorldFIP 组织成立于 1987 年 3 月,WorldFIP 是一个非盈利、世界性的中立组织,不附属于任何工业集团,致力于推动 WorldFIP 技术在世界范围的开发和应用,与其他一些现场总线组织不同的是,成员半数来自用户,由用户、制造商和研究人员组成的理事会领导它的工作。WorldFIP 最初为 Cegelec (现为 ABB-Alstom Power 所收购) 等几家法国公司在原有通信技术的基础上根据欧洲用户的要求所制定,名为 FIP (Factory Instrument Protocol),后成为法国标准,后又采纳了 IEC 物理层国际标准 (IEC 61158-2),成为 WorldFIP。

1994 年 6 月,WorldFIP 的北美分部与 ISP (Interoperability System Project) 合并成为 FF (Fieldbus Foundation),WorldFIP 在法国巴黎欧洲总部仍保持独立。1999 年 6 月 1 日,WorldFIP 组织与机械工业仪器仪表综合技术经济研究所合作,设立中国 WorldFIP 技术推广中心,为国内广大客户引进这项技术提供服务。

WorldFIP 现场总线标准是一个完整的协议,它是欧洲标准 EN50170 的第 3 部分,是由 WorldFIP 组织以法国公司为主要成员开发的现场总线技术。这个标准可以由 UTE (法国电工委员会) 和 AFNOR (法国标准化委员会) 获得。1996 年 6 月,WorldFIP 被采纳为欧洲标准 EN50170,WorldFIP 产品已有十年应用经验,技术相当成熟。WorldFIP 1998 年 5 月到我国组织了技术交流,并在中国建立了 WorldFIP 中国分部。

WorldFIP 现场总线技术的产生和发展的原动力来自于西欧的终端用户,核心技术由那些国家的主要自动化供应商开发,同时还得到了这些重要的自动化供应商合作伙伴的支持,



其市场份额比美国和德国的要小，其影响力也不及基金会现场总线（FF）和 Profibus 现场总线。

WorldFIP 北美部分与 ISP 组织经过技术妥协后形成了现场总线基金会，WorldFIP 欧洲部分也是这个组织的成员，并将自己的开发成果融进了 FF 的技术之中。

从 1984 年 IEC（国际电工委员会）开始制定现场总线国际标准至今，争夺现场总线国际标准的大战持续了 16 年之久。先后经过 9 次投票表决，最后通过协商、妥协，IEC TC65（负责工业测量和控制的第 65 标准化技术委员会）于 2000 年 1 月 4 日通过了 8 种类型的现场总线作为新的 IEC 61158 国际标准，WorldFIP 现场总线技术为其中之一。8 种类型的现场总线标准为：

- 1) 类型 1 IEC 技术报告（即 FF 的 H1）；
- 2) 类型 2 ControlNet（美国 Rockwell 公司支持）；
- 3) 类型 3 Profibus（德国 Siemens 公司支持）；
- 4) 类型 4 P-Net（丹麦 Process Data 公司支持）；
- 5) 类型 5 FF HSE（即原 FF 的 H2，Fisher-Rosemount 等公司支持）；
- 6) 类型 6 Swift Net（美国波音公司支持）；
- 7) 类型 7 World FIP（法国 Alstom 公司支持）；
- 8) 类型 8 Interbus（德国 Phoenix Conact 公司支持）。

加上 IEC TC17B 通过的 3 种现场总线国际标准，即 SDS（Smart Distributed System）。ASI（Actuator Sensor Interface）和 DeviceNet，此外，ISO 还有一个 ISO 11898 的 CAN（Control Area Network），所以一共有 12 种之多。

1.1.2 WorldFIP 现场总线技术当前的发展情况

现场总线的国际标准虽然制定出来了，但它与 IEC（国际电工委员会）于 1984 年开始制定现场总线标准时的初衷是相违背的。面对如此多的竞争对手，WorldFIP 立足自身优势，采取了如下保持技术独立性和市场份额的一系列措施。

1) 积极参加 IEC 标准化工作，通过欧洲 FIPCOMP（欧洲 WorldFIP/IEC 器件开发项目）开发项目评估结构。支持 IEC 建立单一现场总线方案，积极参见实验工作，掌握第一手技术信息，随时调整技术方案，保证 WorldFIP 与 IEC 产品的平稳过渡。

2) 借助 WorldFIP 是欧洲标准的优势，继续开发相干技术和系列产品，进一步抢占市场。

3) 使复杂的规范固化在一些容易使用的器件中，保证 WorldFIP 标准的一致性。

4) 开发与所有常用现场仪表可互操作的行规，使其他设备也可达到此目标。

5) 建立专门的评估程序。

6) 继续深化与 FF 在技术上的合作。

7) 不断发展 WorldFIP 技术，扩大应用领域和影响力。向上与 internet 网络连接，向下与现场仪表连接，不断扩大 WorldFIP 技术与产品的应用领域。WorldFIP 已与罗斯蒙特公司合作，开发出了 HART/WorldFIP 网关。通过这个网关，所有 HART 仪表都可接在 WorldFIP 网络上。罗斯蒙特公司开发的资产管理系统软件 AMS 也能在 WorldFIP 上运行。

WorldFIP 组织的表现是由自己的技术和经济地位决定的,是较为独特的;WorldFIP 是欧洲标准,但它与同为欧洲标准的 P-NET 和 profibus 在 IEC 投票中的表现不同,它支持建立单一的现场总线国际标准;它的北美部分合并到 FF 中,而其欧洲部分则继续保持独立。WorldFIP 在技术上向 IEC 和 FF 作出贡献的同时又根据需求随时调整自己的技术,以保证与世界主流产品的衔接,从而保证了其技术的先进性,在激烈的市场竞争中占据了一份重要的市场。

到目前为止,WorldFIP 组织拥有 100 多个成员,如霍尼威尔(Honeywell)、西技来克(Cegelec)、阿尔斯通(Alstom)、施耐德(Schneider)等国际大型的自动化企业,这些成员生产多种类型 WorldFIP 现场总线产品。WorldFIP 产品在法国市场占有份额大于 60%,在欧洲市场占有份额大约 25%。WorldFIP 作为一种主要的国际现场总线,目前各种硬件、软件产品范围从通信芯片到开发工具,如:通信协处理器、线路驱动器、隔离变换器、通信栈、组态工具、总线分析器、板卡、测试和故障排除设备、网络观察器等;从带 WorldFIP 接口的现场设备到控制系统,如传感器、执行器、变送器、I/O、驱动设备、处理单元(PC、PLCs)、ALSPA 8000 控制系统等,有近 400 种;并在世界各地各行业,如电力、交通、冶金、化工、石化、航空电子、汽车制造、机械制造、楼宇自控、食品工业、建筑建材、水处理、采矿等领域获得了广泛应用,积累了丰富的经验。

由于 WorldFIP 的发展经历了一个二十余年的发展过程,目前国际上许多工控行业的大型企业都表示支持 WorldFIP 现场总线协议,而不少公司使用的是他们自己设计的专用芯片。使用的类似标准有 Fip、FipIO 等。由于 WorldFIP 现场总线依照工业控制系统的要求,不但严格定义了通信协议,也严格定义了符合工业标准的传输介质、接线盒、插头座等,在实时性、同步性、冗余性方面独具特色。速度更高的、以光纤为介质的高速网也不断推出。在工控领域,WorldFIP 总线正在得到越来越广泛的应用。

在我国,各种工业门类齐全,自动化控制水平参差不齐。用户们希望有一个规模可大可小、价格便宜、功能强大、可靠性高的系统;系统集成商们需要一个完全开放、掌握容易、在国际国内有多项成熟应用实例的产品。WorldFIP 正是这样一种对用户、系统集成商和产品供应商都适合的现场总线。目前 WorldFIP 在我国已应用于一些成套引进的项目中,涉及发电、输配电、地铁、水处理等领域,如岭澳核电厂、军粮城电厂、珞璜电厂、来宾电厂、高坝洲水电站等。

在技术交流和产品展示方面,继 WorldFIP 中国技术推广中心成立大会暨现场总线技术交流会后,由机械工业仪器仪表综合技术经济研究所和法国 WorldFIP 组织又于中国联合举办了 2000 年 WorldFIP 技术交流与展示会。这是又一次在中国举办的 WorldFIP 技术推广活动。WorldFIP 组织总部、世界著名公司技术部、交通部以及新近合并成立的在本次展览现场向观众展示了各自最新的自动化产品,主要有各类控制器、执行器、连接设备、输入输出设备,开发测试用的各种芯片、专用器件、板卡以及相关的软件等,并以大屏幕投影的方式介绍了在全球各地的实际应用。

1.1.3 WorldFIP 现场总线技术今后的发展

一、以 WorldFIP 为基础的网络集成

WorldFIP 单一总线的最大优点就在于有很广泛的适用性,并为未来的发展奠定了良好



的基础。WorldFIP 是开放的现场总线，可以连接其他的总线系统，如目前仍在广泛使用的 HART 仪表。WorldFIP 的方案是通过网关将其连接到 WorldFIP 系统中，然后将集成的设备管理系统（Asset Management Solution, AMS）应用到 WorldFIP 高性能的网络中，从而打开了过程控制应用的大门，并且能提高工程效率，增强对现场仪表的跟踪检测能力，简化回路检查、发展可预测性维护等。根据未来的发展趋势，连接 FF 仪表的网关也将很快问世。

二、面向 Internet 的 FIPWEB 技术的逐步推广和高速通信芯片的推出

IEC 现场总线国际标准经过多年的争论仍无法统一，而 Internet 却以爆炸式的速度在全球范围内得到普及，并且应用领域不断扩大，已逐渐渗透到了工业现场。Internet 所广泛采用的客户机/服务器（C/S）的结构和各种应用软件都支持的传输协议使其成为事实上的互操作平台。各个厂家都积极地在 Internet 上搭建新的应用平台，用 HTTP 来传输数据，用 HTML 来组织并表示信息，通过与 Internet/Intranet 兼容的技术，尤其是 www 服务来访问控制系统。在传统的方式中，Internet 与控制网络的连接较简单，其中客户机与服务器均位于上位监控层，现场设备一般以控制器为代理服务器来传递所需的信息。在这种结构中客户机上只能完成监视功能，配置服务器需要了解设备应用的所有细节，有时需要专门的配置，重新配置也比较麻烦，并且 IP 消息的请求要一致，对设备的访问是有限的、集中式的。

所有 Internet 的传输使用的是 IP 协议，为使现场总线能直接与 Internet 相连，就要在实时通信传输的情况下能够处理 IP 消息包。IP 协议支持对消息的分组，以满足在很多应用中对大文件传输的要求。IP 头帧包含着将数据包分组并组合的控制信息，其本身是不能够被分组的，IP 头帧的长度为 20 字节，如果不附加上应用数据信息，其本身是没有意义的。因此，为了有效地处理 IP 信息，网络应该能够传递没有分组的 100 字节甚至更多的 IP 头帧，这一限制并没有受到很多重视但却把很多总线和底层网络携带 IP 包并将相应的 Web 服务器下载到现场设备的可能性排除了。WorldFIP 的消息帧最多可携带 256 字节，可以很容易地处理最少 20 字节的 IP 头帧，并为无分组的应用数据留下了很大的空间。WorldFIP 也有足够的带宽 1Mbit/s、2.5Mbit/s 以传递消息。WorldFIP 还满足 Internet 传输和实时传输互不干扰的要求，这是因为它能在同一条总线上传输实时变量的同时又能传消息，这一特点为 WorldFIP 所独有。

WorldFIP 所要达到的目标是：所有现场设备都可以基于 IP 地址来直接访问，不用专门的配置，从而可以最大限度地利用多个供应商的现成软件。WorldFIP 在一条总线上同时传递控制和非控制信息，并且消息长度能容纳完整的 IP 报头，很少有哪种现场总线能够满足这一要求，这就是 FIPWEB 技术。

利用 WorldFIP 的这一独有特性，ALSTOM 公司推出了 FIPWEB。FIPWEB 是开发 WorldFIP/Internet 接口的一套软件和工具，可提供 TCP/IP 协议包和嵌入式微 Web 服务器，其主要功能是将 WorldFIP 网络与 Internet 技术无缝结合。TCP/IP 是包括在 Internet 和嵌入到 WorldFIP 现场设备中的微 Web 服务器之间通信服务的一组协议，有一个基于流行的 BSD 套接字的应用程序接口，这个接口最早来源于加州大学的 Berkeley 软件分发 BSD 结构。一个套接字为进程间的通信定义了一个双向终点，可以驻留在本地和远程计算机上，BSD 套接口为应用进程提供了一个单一接口，独立于在其之下的任何网络模块。这个套接口

在建立一个连接时为用户数据报 UDP 提供应用程序接口。传输控制协议 TCP 用于在连接时传输数据。FIPWEB 的微 Web 服务器工作于 TCP/IP 包提供的 BSD 套接口中。它有两个元素：一个服务器主体，一个专用器件的集合。服务器主体是主要的活跃元素，它独立于应用程序组件，进行数据的接收和处理，并支持服务器的运行。其主要元素是一个服务器引擎、请求语法、响应语法和永久模块。服务器的应用程序组件完成与用户的交互，用户仅需提供与应用相关的数据帧就可将他的应用软件连接到服务器的这些组件中。

FIPWEB 的技术基础是相关软件包的集合，构成现场设备的 Web 服务器。它既保留了 WorldFIP 原有的高性能和同步的特性，又用 Internet 的 C/S 结构来增强控制系统的访问性，使得应用程序中用户界面的元素与现场设备直接连通。Web 服务器与应用软件直接接口，Web 服务器的配置是在服务器内部结构的初始化时完成的，客户机端不需要额外开发。服务器大部分都是标准化的可重用模块，主要包括：①一般服务体，由服务器引擎、请求、响应和维护模块组成，实现确定请求资源、分析 PDU 语法、恢复环境变量以支持 CGI 操作等；②服务器对象管理和应用信息集成；③交互式界面的特定部分。这种服务器在 FIPWEB 的支持下不需要重写就能很容易地扩展为嵌入式站点，从而请求信息可就地转化成 Web 页面信息，减少了在上位代理服务器中配置的麻烦。实际上是以 TCP/IP 来增强 WorldFIP 的通信栈，自动化单元中的控制器则在这种情况下起 IP 路由器的作用。如果在分布应用设备中放置 Web 服务器，该设备必须有足够的处理能力和内存。

需要指出的是带有 Web 服务器的设备中仍具有与 Internet 相独立的过程控制的关键应用，信息传递与实时控制互不影响。因此每个现场设备都可以是一个 Internet 微服务器，它的 IP 地址是可见的，能自动产生 HTML 页面以供浏览器访问。用户可以访问过程设计信息和现场设备数据将维护集成到控制中，以优化运行时间的比例降低维护费用和限制。

基于 FIPWEB 技术，WorldFIP 已与 Internet 技术密切结合起来，从而使工业过程监控与网络信息技术密切结合起来，在今后的应用中必将发挥更多的作用，对自动化和测控领域产生深远的影响。

硬件方面，WorldFIP 将推出新一代 25Mbit/s 芯片。该芯片除与现有的兼容外，还增加了 IP 消息、TCP/UDP、嵌入式 Web 服务器和多媒体等功能，通信栈也更符合 IEC 标准，继续体现 WorldFIP 高速、可靠、实时、安全的特性，并为开放系统提供相互支持的解决方案。

三、无线通信

WorldFIP 除了有铜线和光纤两种介质外，还发展了无线通信，以适应新的应用需求。这是因为随着新的民用频带的出现（如 2.4、5.1GHz 频带），卫星覆盖率的提高，接收技术的发展和硅片集成度的提高，视频电话、Web 电话等移动电话市场发展迅速，使用移动通信来访问工业现场有很好的应用前景。WorldFIP 现场总线的无线通信将应用于以下几个方面：

- 1) 移动连接基础设施中的分立设备（如交通系统、起重机、桥梁移动部件等）；
- 2) 移动连接需要频繁改动或快速起动的工厂；
- 3) 大规模分布式的实时远程控制；
- 4) 远程数据访问。



1.2 WorldFIP 现场总线技术的特点与优点

1.2.1 WorldFIP 现场总线技术的特点

WorldFIP 现场总线能满足用户的各种要求,它适合于各种类型的应用结构,包括集中型、分散型和主站—从站型。分散型应用可以是同步或非同步方式。WorldFIP 使得智能、控制和数据分散成为可能。控制算法可以放在一个处理单元内,也可以实现完全的分散。WorldFIP 是一个开放系统,不同的系统都可以使用 WorldFIP,这样不同厂家生产的装置可以实现互连。WorldFIP 将控制技术与信息技术紧密结合起来,是一种先进而开放的现场总线。其特点主要体现为如下各个方面。

(一) 协议层次简洁高效

WorldFIP 协议由物理层、数据链路层、应用层和网络管理四部分组成,各层相对独立,完成一定的功能,使用相邻下层的服务,并向相邻上层提供服务,形成有机整体。其中物理层采用了国际标准 IEC 61158-2。

WorldFIP 协议是按照 IEC 制定标准的精神,遵循设备互连原则,根据工业控制的特点而开发的现场总线协议。其功能完备,且无论高速、低速、断续、连续,同一协议贯穿始终,实现并简化了分布式的自动控制系统,以多点连线网络取代传统的点一点布线,降低了设计、安装成本,提高了系统的可维护性能,在各种应用场合均能满足实时要求。

WorldFIP 协议是开放的,任何制造商和用户均可得到,为设备互操作提供了保证。

(二) 适应实时需要的“周期/非周期”信息传输机制

在总线上传输的信息可分为两种:一种是控制相关的信息,如 I/O 数据和命令、控制设备间的数据交换等;另一种是用于人机交互、系统诊断和维护等的非控制相关信息。如报警、事件、自诊断数据、人机交互数据等;前一种信息的交换是周期性的,具有实时的特性和要求,有着严格的时间约定;后一种则是非周期的,具有随机性。

在 WorldFIP 中,链路层和应用层所提供的服务实现了两种信息在同一条总线上互不影响地在宏观上“同时”传递,而且两种信息量的比重可以由用户自己决定。

“周期/非周期服务”适应实时要求,处理实时周期变量或非周期变量,可用于更新分布数据库、在用户的要求下更新某项数据、考察数据的时间/空间一致性。

“消息服务”处理非周期的消息,可用于调整或改变分布应用的运行模式及其组态。

在一个基本的时间段内(循环周期),先进行周期变量的交换,之后在富余时间内,则进行非周期信息或填充变量的传输。信号的有效带宽得到了充分利用。

由于 WorldFIP 协议大多靠硬件实现,两个“窗口”(周期/非周期)之间的界限能得到很好地保持,确保了信息传输的可靠性。

(三) 基于全局寻址的“生产者/使用者”数据交换模式

在 WorldFIP 中,通信实体间不进行物理寻址,而是将信息项分解成变量以 16 位整数标识符进行全局逻辑寻址。对于一个给定的标识符,只能有一个生产者变量,可有多个使用者变量;变量交换以广播形式进行。

实现互操作的必要条件之一是功能块的使用,功能块之间如以全局变量作为交互参数,则可大大方便软件的模块化开发,也为组件的重用奠定了基础。另外这种寻址方式也为编制操作硬件的代码提供了一个简易、良好的界面,适应面向对象的编程要求。

(四) 服从用户调度的广播式通信

在 WorldFIP 网络中信息以广播的形式发出。负责通信调度的总线仲裁器维护着一张包含所有变量的列表,称为总线调度表(用户可根据应用需要构造该表)。系统启动时,总线仲裁器按照列表顺序发布有关标识符,产生者识别出自己的标识符后也以广播的形式向总线发布有关信息,该信息可被一个或多个使用者所使用。使用者除对数据进行错误检测外,还根据产生数据的时间限制对其进行确认,保证了总线仲裁表中的数据得到周期性刷新。从这个意义上讲,WorldFIP 为分布数据库提供了一个实时刷新系统。

由于以广播的方式发送信息,而且接受信息所需等待时间也是事先确定的(即可预见性),因此可以根据控制要求设定周期变量的扫描时间。不论是“问题帧”的发送还是“响应帧(应答帧)”的接受,都在设定的时间内完成。如果在网络上某点信息的产生和传递过程中出现了问题,在接收到的信息的状态位(可选功能)中就会有所反映(链路层中的计数器将对响应帧的丢失或延迟进行监视),而此时总线的循环并不停止,总线仲裁器依旧按时间约定扫描周期变量,网络上其他各点不会受影响;如果在网络上新增站点,接收信息的时间并不会延长,重新配置也相较主-从模式容易许多。所有这些均确保了对信息的及时响应。

(五) 具有确定性和可预见性的总线调度

WorldFIP 的介质访问控制是基于调度的,总线仲裁器按照事先设计好的总线调度表周期性地向总线上广播含变量标识符的“问题帧”,该“问题帧”同时为所有站点的链路层所复制,只有唯一的变量的产生者能够识别出该问题帧的指向,以“响应帧”作为回应,“响应帧”可为变量所有的使用者同时接收到,并获得“响应帧”内变量数据。这种周而复始的总线上的活动随着总线仲裁器的激活而开始,称为“缓冲区传送”,完全独立于用户操作。

WorldFIP 的可预见性就在于总线仲裁器能够根据变量的扫描周期在合适的时间间隔内周而复始、永不停息的扫描该变量。由于网络通信是带调度的,完全避免了“碰撞”或不可预料事件的发生,确保了通信的安全。

另外,总线仲裁器(可冗余)调度的是通信,而不负责进程,总线仲裁器作为一种功能可以为所有站点所具有,从而为分布式控制系统的设计创造了条件。

(六) 变量交换的刷新和提示功能

这是一种实用性较强的服务,应用层可在变量被发送或接收后通知用户,用户可借此与网络信息同步,并了解到变量的时效性。当用户在本地通信实体中读取一个变量时,可以通过“刷新状态”(针对产生者)和“提示变量”(针对使用者)了解到该变量的更新情况。变量刷新分为非同步刷新、同步刷新、非同步提示三种情况。在非同步刷新中,刷新状态是产生者应用层通过计时器而设置的一个标志位。使用者可通过它判断出产生者一方是否遵守了变量的“生产周期”;在同步刷新中,刷新状态由同步变量触发;在非同步提示中,提示状态是使用者应用层通过计时器而设置的标志位。通过该标志位可判断出总线传输和使用者接收是否正常。

这些服务为用户在最短时间内知道变量的有效性提供了保障,对可能出现的情况做好预防。

(七) 使用时空一致性的同步方法

通过应用层对某一变量的访问与总线上涉及该变量的缓冲区传输是相对独立的。重新同步就是使两者步调一致。WorldFIP 的方法是在应用层设置一个私有缓冲区和公共缓冲区的双重存储器,在接到同步脉冲信号后,两个缓冲区相互拷贝。这是一种可选服务,同步周期与同步变量在总线仲裁表中的扫描周期一致,在访问具有重新同步的变量时就无需再使用缓冲区读写服务。由于 WorldFIP 采用产生者/使用者广播通信模式,节点数量对同步时间几乎没有影响,适合大量节点的同步应用。

WorldFIP 的应用层提供一种能全局读取一组使用者变量的服务,这种服务为用户提供了更高级别的刷新状态信息。

(八) 可变规模的分级服务体系

不是所有 WorldFIP 站点的所有数据链路层能提供所有的服务,但至少能提供“缓冲区传输”和“缓冲区写服务”。

应用层的一致性等级用来稳定应用层所支持的服务,刷新/提示状态的类型、稳定性、重新同步、类型子集等。

根据需求选择不同的服务构成灵活的、规模可变的系统,从而能有效地降低成本。

(九) 基于管理者和代理者的本地及远程网络管理模式

WorldFIP 是完整的现场总线系统,包含网络管理,提供一组管理通信和通信资源的服务,如运行模式、配置、错误控制和性能等级等重要内容。任何一个 WorldFIP 站点可同时执行分布应用进程和系统管理应用进程。

根据所执行的网络管理功能可以把一个 WorldFIP 站点分为管理者和代理者。管理者可以对代理者进行远程配置和启动。最主要的区别是管理者具有总线仲裁器功能,而代理者没有。

网络管理服务可以是本地的或远程的。远程管理通过全局变量完成,如管理者对代理者的组态。为参与网络管理,任何一个站点都应具备地址、别名和网络管理变量。

网络管理还能提供对数据有效性的验证,其作用主要有:

- (1) 使无效数据不响应总线仲裁器的扫描。
- (2) 检验配置的一致性。
- (3) 通知使用者数据是否有意义。

WorldFIP 能连接任何位置的智能设备,从而执行远程参数整定、远程调校、远程设定、远程维护和远程纠错。

1.2.2 WorldFIP 现场总线技术的优点

WorldFIP 现场总线的技术优势主要可以概括为如下几点:

(一) 先进的网络协议和应用技术

WorldFIP 提供了变量及消息两种传输机制,变量即指周期性地在网络上传输的数据包,每一个变量由一个唯一的 16 位数据标识表示,这种周期性报文根据预先设定的时间周期性

地在网络上传输,在实际应用中通常被用于传输实时状态及控制信息,如控制现场 I/O 实时状态、各种现场遥测值等;而消息只有在应用程序提出传输申请后一次性地在网络上传输,通常被用于传输配置信息、诊断信息及事件信息等。WorldFIP 现场总线使用生产者/消费者 (Porducer/Consumer) 模式和基于仲裁器的总线调度方式实现网络通信和节点数据交换。产生者指的是变量或消息报文的发送者,使用者指的是报文的接收者。某一个变量或消息有且只有一个产生者,但可以有多多个使用者。生产者/消费者 (Porducer/Consumer) 的数据交换模式使所有网络数据的使用节点可同时得到同一需要的数据,大大提高了网络的通信效率,缩短了数据交换周期。ControlNet 总线也采用了生产者/消费者的概念和方法。

在 WorldFIP 现场总线中,对传输介质的访问控制是通过总线仲裁方式来实现的,总线仲裁单元根据预先定义的顺序及周期依次发出变量的查询报文,变量的产生者则将变量的内容在网络上广播,变量的接收者则同时接收变量内容;查询完变量数据后的空闲时间中查询消息报文,这种介质访问控制方式使得变量与消息的传输相对独立,非周期消息的传输不影响周期变量的传输,这种介质访问模式没有介质访问碰撞的问题。基于仲裁器的总线调度方式的通信管理模式使网络数据交换具备了确定性和可预见性,使其非常适用于具有实时性要求的应用。

WorldFIP 总线支持后台数据传输模式,使处于非周期阶段的事件、诊断等信息的传输不影响周期阶段中各类控制数据的传输。WorldFIP 总线用户层协议可以很好地处理不同类型和等级的数据传输中的时间分配问题,使得某些突发性数据能够尽快在网络上传输,保证了在一条总线上传输大量非控制信息的同时不会影响系统的实时通信,从而保证了系统在通信、控制上的实时性和可靠性。WorldFIP 的这两个特色使其非常适用于工业过程控制。基于这一概念和方法,IEC 标准和 FF 现场总线也都采用了这种通信模式。

WorldFIP 网络上允许存在多个总线仲裁单元,但在任何时刻只有一个单元为活动仲裁单元,其余总线仲裁单元为后备仲裁单元。当活动仲裁单元发生故障时,后备仲裁单元会自动转变为活动仲裁单元,使得网络不会因为总线仲裁单元的故障而瘫痪,这种机制同样极大地提高了 WorldFIP 网络的稳定性和可靠性。

(二) 通信协议的一致性

典型的工业系统可以涵盖多个层次和级别,可包括多种类型的设备,如底层的简单的开关量检测设备、复杂的智能仪表、交直流电机、现场 I/O 模块等,还包括上层的 PLC、PC 等控制设备及上位机。对于这样一种工业系统的多层次体系结构,许多现场总线只能适用于其中的一个或少数几个层次;如一些现场总线只是用来连接现场级的开关量检测及 I/O 设备,通信数据量仅是字节级的;还有一些现场总线则是专门用于处理大数据量通信的,如 100 字节以上的长帧数据。与此相比较,WorldFIP 总线则完全不同,WorldFIP 总线使用的是可变帧长数据通信,既可处理字节级的简单数据和报文,还可处理 256 字节的数据帧。WorldFIP 协议是按照 IEC 制定标准的精神,遵循设备互连原则,根据工业控制的格特点而开发的现场总线协议。其功能完备,在多层次的工业系统中,无论高速、低速、断续还是连续,WorldFIP 总线只使用一种通信协议,各种类型的设备可直接连接到 WorldFIP 总线上,避免了在其他类型现场总线中存在的接口和协议转换问题。WorldFIP 总线采用同一套通信协议来实现低速和高速的网络通信,因此在低速和高速网络的衔接上,硬件无需另外使用网桥或网关,不同速率的网络连接采用软件即可实现,从而实现了现场总线、设备/仪表和传

感器三级总线的统一,大大简化了整体网络的复杂程度。基于 WorldFIP 网络与技术,可在厂级控制网络中在不同层次中布置和使用不同速率的 WorldFIP 总线,从而保证了生产控制网络体系的统一性和简单化。

(三) 高可靠性

WorldFIP 总线采用 IEC 国际标准的物理层标准,使得 WorldFIP 支持 IEC 转化在技术上是比较容易的,其独特的双总线冗余结构是其他类型的现场总线所无法比拟的,非常适用于具有高可靠性要求的应用场合,在硬件体系结构上大大提高了系统的可靠性。WorldFIP 现场总线在双网运行时,数据在传输过程中当因为某一介质发生断线、短路而造成通信故障时,通信控制器会自动将通信数据切换到另一条无故障介质上,并保证数据的完整性及正确性,不需要应用程序的干预。另外数据包采用帧校验序列和曼彻斯特 2 型编码,充分保证了数据传输的高可靠性,据统计采用 1Mbit/s 速率,24h 不停传输,其误码帧在 20 年中不会超过一帧,这是任何一种现场总线在可靠性上都无法比拟的。在总线部件软硬件的结合上,WorldFIP 总线将通信协议和网络管理协议固化在可擦写的硬件芯片上,在充分保证系统稳定性、可靠性的基础上提高了系统的灵活性和可移植性。多年的应用时间证明,WorldFIP 是一种“零差错”的现场总线。

(四) 很强的抗干扰能力

WorldFIP 现场总线在设计开发过程中充分考虑到了 EMC 兼容性问题,完全满足 IEC 电磁兼容 EMC 标准中的各项要求,使其可应用于具有强电磁干扰的各类环境中,充分体现了系统适用性广的特点。

(五) 高度开放性

WorldFIP 总线是一种高度开放的总线技术,所有的 WorldFIP 产品的设计者、生产者、集成商和各类用户都可得到 WorldFIP 组织的帮助。WorldFIP 组织是一个非商业性的中立组织,各类用户只需支付一定的成本费用即可从 WorldFIP 组织获得各类软硬件产品和支持。这些帮助包括技术培训、技术支持和技术测试,可以根据用户、集成商和开发商要求提供各种培训服务,帮助大家在产品开发应用及安装过程中,正确的使用 WorldFIP 协议及各种器件;为客户提供产品规划、硬件设计和测试支持;还可为各厂商开发和销售的产品提供测试,以鉴定设备的互操作功能能力。WorldFIP 开放的开发工具使 WorldFIP 网络已被很好地集成到许多主要控制系统供应商的产品之中。WorldFIP 组织推出了互操作性规范 WorldFIP Companion (/Interoperability) 指导各厂商对 WorldFIP 相关技术和产品的开发,以实现来自不同厂商的 WorldFIP 技术和产品的互操作性。该互操作性规范包括通信规范部分和应用规范部分。规范依据设备的复杂程度,定义了四种通信行规,分别对应从最简单的传感变送设备到复杂的 PLC 系统。互操作性规范对通信标准中的每个部分都作出了极为详尽的定义,还在通信互操作性规范基础上增加了应用层的互操作性规范,为厂商和用户对适合其各自产品和应用的各层次的功能的选择提供了清晰的结构和切实的指导。WorldFIP 互操作性规范对各厂商和用户公开,可从 WorldFIP 组织获取。基于该规范,可开发具有互操作性的各类 WorldFIP 产品。

(六) 应用上的成熟性

WorldFIP 总线是一个成熟的工业总线网络。网络上可以连接不同类型的节点,如控制

器、I/O 节点、人机接口等,使用户可以选择不同的网络速率以实现不同的应用目的。另外,WorldFIP 支持高达 5Mbit/s 的高速的、确定性的数据传输,用户可根据实际需要灵活设置实时数据的调度周期,从而使其可以轻松应用于控制周期很短的闭环过程控制。多年来,WorldFIP 现场总线一直应用于电力、石化、海洋等高可靠性的应用领域,证明能够满足多种工业网络要求,是一种高质量的网络,充分显示出了在应用上的成熟性。

1.3 WorldFIP 现场总线技术的体系结构

1.3.1 WorldFIP 现场总线技术的系统结构

WorldFIP 现场总线构成的系统框图如图 1-1 所示。

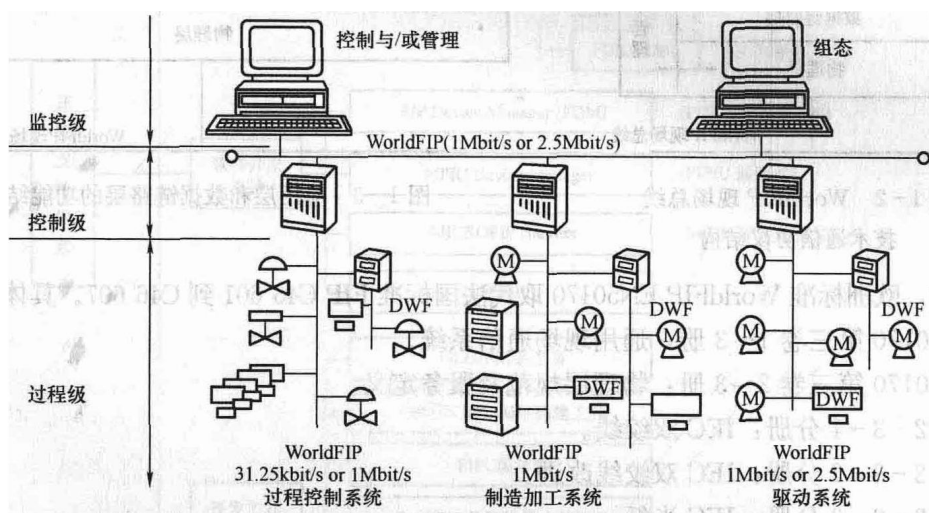


图 1-1 WorldFIP 现场总线示意结构

从图 1-1 中可以看出,用 WorldFIP 构成的系统分为三级,即过程级、控制级和监控级。用单一的 WorldFIP 总线可以满足过程控制、工厂制造加工系统和各种驱动系统的需要。而不是像其他类型的现场总线需要使用 RS-485 和低速总线的组合来满足各类系统的需求。为了适应低成本的要求,WorldFIP 开发了一种极低成本实现方式 Device WorldFIP (DWF)。DWF 与 WorldFIP 和 EN50170 完全兼容,它仅是装置一级的网络,能很好适应工业现场的各种恶劣环境,并具有本质安全防爆功能,可以实现多主站与从站的通信。WorldFIP 很重视与其他主要装置网络的互连开发工作。目前已完成了 Hart/WorldFIP、Modbus/WorldFIP 和 ASI/WorldFIP 实现互连的工作。

1.3.2 WorldFIP 现场总线技术的协议结构

与 ISO/OSI 七层模型相对应,WorldFIP 现场总线协议层次采用了其中的第一、二、七层,即物理层、数据链路层和应用层三个层次,如图 1-2 所示。

WorldFIP 物理层与国际电工委员会 IEC 1158-2 物理层标准基本一致。应用层包括 MPS 和 SubMMS。MPS (Manufacturing periodical/apperiodical services) 规范的是数据通信