

文章编号: 1002-0411(2004)06-0750-04

FF 现场总线控制系统功能块实例化的实现

王忠锋^{1,2}, 王 宏¹, 于海斌¹, 周 侗¹

(1. 中国科学院沈阳自动化研究所, 辽宁 沈阳 110016; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 在分析基金会现场总线功能块应用进程规范的基础上, 提出了功能块实例化的实现方法, 同时实现了功能块数据的保存和恢复. 该方法对基金会现场总线的工程应用和推广具有一定的意义.*

关键词: 现场总线控制系统; 功能块; 实例化

中图分类号: TP273

文献标识码: B

The Implementation of Function Block Instantiation in FF Fieldbus Control System

WANG Zhong-feng^{1,2}, WANG Hong¹, YU Hai-bin¹, ZHOU Tong¹

(1. Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Through analyzing the specification of function block application process of Foundation Fieldbus, this paper proposes the solution of function instantiation. It also gives a brief description of storage and restoration of function block data. This solution will promote the engineering application of Foundation Fieldbus.

Keywords: fieldbus control system; function block; instantiation

1 引言 (Introduction)

现场总线是“安装在生产过程区域的现场设备/仪表与控制室内的自动控制装置/系统之间的一种串行、数字化、多点通信的数据总线”^[1]. 现场总线是一种新型的自动化控制系统, 是当今自动控制技术的发展方向, 被广泛应用于制造业、流程工业、楼宇、交通等自动化控制系统中^[2].

在众多的现场总线技术当中, 由现场总线基金会(Fieldbus Foundation, FF)开发的基金会现场总线得到了工程自动化领域的广泛支持. 基金会现场总线是一种全分布式的自动化系统, 主要功能是对工业生产过程进行测量、信号变送、控制等^[3]. FF于1996年颁布了低速总线 HI 标准. 随着以太网技术的成熟, FF在2000年制定了 FF HSE(High Speed Ethernet)规范, 该规范定义了一种基于高速以太网的现场总线技术. 为实现自动控制系统的控制功能, 在 HI 和 HSE 应用层之上增加了用户层. 用户层包括由 FF 定义的标准化的功能块和功能块应用进程, 构成了自动化控制系统中实现控制功能的主要部

分^[4].

本文在开发 FF 现场总线用户层功能块应用进程的基础上, 结合控制系统的实际需要, 研究并实现了用户层功能块的实例化.

2 FF 现场总线功能块模型 (FF fieldbus function block model)

在 FF 现场总线系统中, 工业控制系统的功能块应用进程(Function Block Application Process, FB AP)定义在用户层, 包括资源块(Resource Block)、功能块(Function Block, FB)和变换块(Transducer Block), 以及为满足控制系统需要而增加的各种对象, 如连接对象(Link Object)、趋势对象(Trend Object)等^[4]. 功能块应用进程的体系结构如图 1 所示.

在现场设备功能块应用进程的体系结构中, 资源块表示网络硬件和软件对象, 包含现场设备的硬件和物理特性^[4]. 资源块定义了相应的参数来描述所用资源的状态, 并通过执行特定的算法来控制对设备资源的操作. 在用户层应用中, 功能块代表了所执行的基本控制功能, 是实现工业控制系统的监控

* 收稿日期: 2003-09-26
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60084001)

和控制功能的主要手段.通过定义功能块,使得工业控制系统的控制功能尽可能独立于输入/输出(Input/ Output ,I/ O) 设备.功能块按照指定的算法并结

合其内含的参数来处理输入参数,得到的输出提供给其它的功能块或变换块,实现系统的控制功能.功能块的模型如图 2 所示.

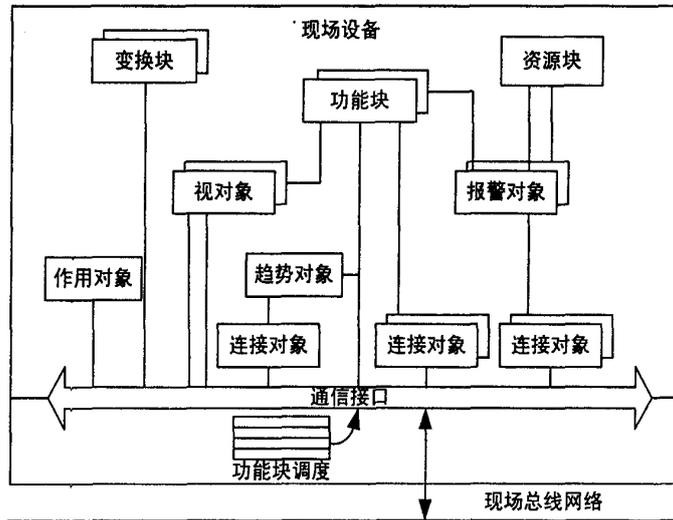


图 1 功能块应用进程体系结构

Fig.1 Architecture of function block application process

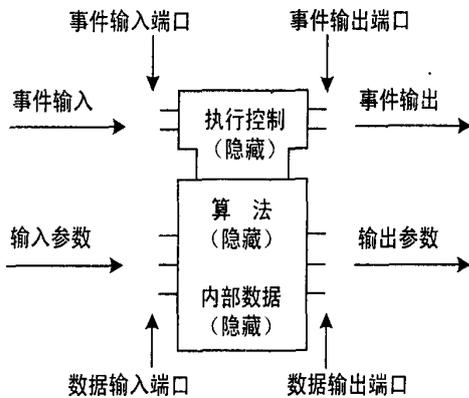


图 2 功能块模型

Fig.2 Function block model

定义变换块的目的是为了隔离功能块和 I/O 设备,这些 I/O 设备包括传感器、执行器和转换开关.变换块通过由功能块使用的独立接口控制对 I/O 设备的访问,同时,变换块还执行校准和线性化等功能.连接对象提供了功能块输入输出间的对应关系,作为在控制系统中交换信息的映射.在 FF 现场总线控制系统中,现场设备间或设备内部进行交换的过程数据和事件都是通过连接对象来定义的.

3 功能块实例化的实现 (Implementation of function block instantiation)

对于工业控制系统而言,需要现场设备能够提

供完善的功能以满足系统维护、升级等方面的需要.但现场设备通常都是嵌入式设备,可用资源有限,实现所有功能对现场设备而言要求太高.如果扩大控制系统的规模,必须添加新的现场设备才能满足控制系统的需要,无疑增加了系统的成本和复杂性.

FF 所定义的功能块实例化功能允许控制工程师根据实际的需要增加或删除现场设备中的功能块,从而最大限度地减少新增设备的数量,降低控制系统的复杂性,节省控制系统升级所需要的时间和成本,提高生产效率和效益.

3.1 功能块实例化机制

为实现实例化功能,基金会现场总线在用户层功能块规范中定义了作用对象(Action Object)^[4].需要某个功能块或对象时,可以通过作用对象实现实例化操作,在现场设备中创建所需要的功能块或对象.通过作用对象也可以删除现场设备中存在的功能块或对象.作用对象包含 3 个参数,以结构的形式定义为:

```
typedef struct {
    unsigned char    Action ;
    unsigned long    Function ;
    unsigned short   Occurrence ;
} FF_Action ;
```

其中,参数 Action 用来表示所要采取的操作,取

值为 0.1 或者 2.0 表示没有任何操作;1 表示实例化由参数 Function 所指定的功能块或对象;2 表示请求删除由参数 Function 指定的功能块或者对象.参数 Function 表示所要实例化或删除的对象,该参数的取值为该功能块或对象在设备描述文件(Device Description, DD)中所对应的 DD Item ID.在执行实例化操作时,参数 Occurrence 的取值必须为 0;在执行删除操作时,参数 Occurrence 的值是所要删除的功能块或对象的序号,即表示要删除第几个由 Function 指定的功能块或对象.

实例化操作通过组态软件执行.用户选择了要

实例化的功能块后,由组态软件向指定的现场设备发出 FMS(Fieldbus Message Specification) 写请求.现场设备接收到 FMS 写请求后,首先判断本设备中是否已经定义了实例化请求操作中指定类型的功能块或对象.如果已经定义,则执行实例化操作,动态申请一块内存,内存的大小取决于实例化请求所指定类型的功能块或对象.实例化操作成功则返回正确响应,否则返回错误响应.如果设备中未定义实例化请求所指定的功能块类型或对象,则返回错误响应.实例化操作的时序如图 3 所示.

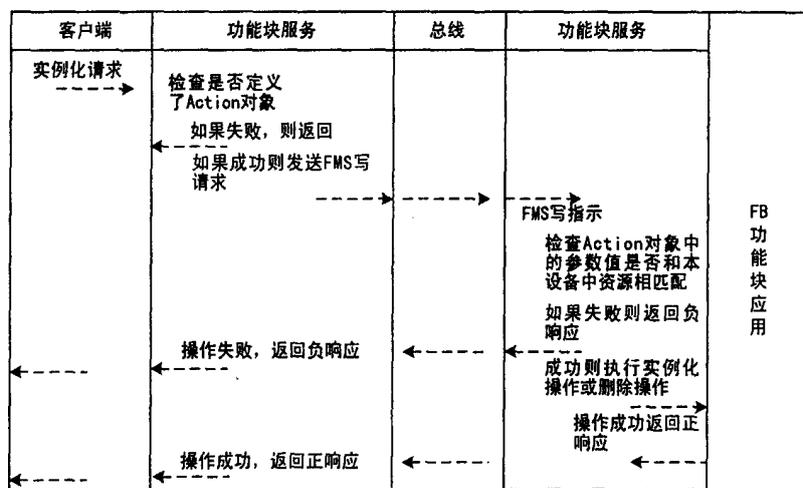


图 3 实例化操作时序

Fig. 3 Operation sequence of instantiation

3.2 程序实现

为实现程序的模块化,我们为每种类型的功能块定义了通用的结构.结构中包含了该类型功能块的所有参数,包括由 FF 定义的标准参数和自定义参数.同时还定义了每种功能块的初始化、执行、报警等函数.以 MAI(Multiplex Analog Input) 功能块为例,所定义的函数如下(其中的参数没有列出):

`Ini_Mai_Block()`, 该函数执行 MAI 功能块的初始化;

`Mai_Execute()`, 该函数为 MAI 功能块正常执行的入口;

`Mai_Alm_Confirm()`, 该函数实现了 MAI 功能块的报警功能;

`Mai_Update_Event()`, 在通过组态软件修改 MAI 功能块参数时,通过调用该函数向主机系统发送事件更新通知;

`Mai_Snap_Input()`, 该函数负责从缓冲区中读取底层 I/O 模块所采集的数据;

`Mai_Output_Calculate()`, 该函数负责根据所采集

的数据按照设定的算法计算输出;

`Fb_Read_Mai()`, 该函数实现了 MAI 功能块参数的读取功能;

`Fb_Write_Mai()`, 该函数执行针对 MAI 功能块参数的写操作.

为支持功能块的实例化,我们还为每种功能块定义了模板,由模板提供功能块所有参数的初始值.现场设备接收到实例化的请求后,动态申请相应大小的内存,并将模板中的参数值拷贝到新申请的内存中.然后查找设备中预先定义的功能块实体表,并将实例化功能块的索引、内存地址以及相应的函数记录到空功能块实体表中.针对功能块的所有操作都需要从功能块实体表中查找到相应的函数,通过函数调用的方式实现功能块的执行、报警、读写操作等功能.

在现场设备中,每个功能块用一个索引来标识.功能块的调度、读写等服务必须指定功能块的索引.功能块索引记录在虚拟现场设备 VFD(Virtual Field Device) 的对象字典 OD(Object Dictionary) 中.因为可

能执行功能块的删除操作,所以在实例化的过程中会导致 OD 中功能块索引出现混乱,必须采用某种机制避免这种情况的出现.为此,我们在 OD 中为每种类型的功能块预留了索引.例如为 MAI 功能块预留了 8 个索引,可以实例化 8 个 MAI 功能块.起始索引为 4000,每两个连续功能块的索引间隔为 80,即 MAI 功能块所具有参数的个数.第一个 MAI 功能块的索引是 4000,第二个 MAI 功能块的索引是 4080,依此类推.每执行一次实例化操作,都需要在预留的功能块索引中查找未使用的索引作为实例化功能块的索引.执行删除操作时,只需将所要删除的功能块占用的内存释放,并将其所对应的功能块实体表置为未使用状态即可.采用索引预留机制,能够很好地解决功能块实例化操作所带来的索引混乱问题.

另外一个需要解决的问题是功能块的序号.实例化和删除操作都是通过行为对象执行的,删除操作使用的是行为对象中的 Occurrence 参数,所以必须为每个功能块设定序号.功能块的序号按照功能块索引大小进行设定.执行实例化操作时,新实例化功能块的序号在当前最大的功能块序号基础上递增.而执行删除操作时,被删除的功能块可能不是最后一个,所以在执行删除操作之后,应当对未删除的功能块按照索引重新进行排序.

3.3 功能块数据保存和恢复

在现场总线控制系统中,由于种种原因,很可能会发生设备掉电的情况.由于组态的过程比较复杂,所以对于整个控制系统来说,实现现场设备的数据保存功能是非常必要的.特别是对于存在实例化的功能块的现场设备,在设备重新上电后能够恢复实例化的功能块和组态数据显得更为重要.现场设备中所有需要保存的数据,包括通信协议栈的组态数据、功能块应用进程中的组态数据,都可以存储在闪存中.为支持恢复操作,必须指明每个数据在闪存中的存储地址.

为实现功能块数据的保存和恢复功能,我们为每个功能块定义了相应的信息表,信息表中包括功能块的序号、功能块的索引、功能块保存在闪存中的

起始地址、功能块所保存的数据在闪存中占用的页数等信息.信息表是动态创建的,每增加一个功能块,即生成相应的信息表,并采用简单的算法动态计算功能块在闪存中的起始地址.功能块信息表在设备运行的同时存储到闪存中.每个功能块的所有数据也按照信息表中所指定的地址存储到闪存中.存储任务由定时器周期性触发.

现场设备重新上电时,首先恢复功能块信息表,然后按照信息表中所指定的地址恢复功能块的所有数据.

4 总结 (Conclusion)

本文在分析基金会现场总线用户层协议的基础上,具体阐述了功能块的实例化过程,并给出了其实现方法.我们所开发的基于 FF-HI 协议和 HSE 协议的现场设备,如 FF-HI 分布式智能 I/O、FF-HSE 分布式智能 I/O 和 FF-HI 现场总线仪表,均实现了功能块实例化功能,并在某炼焦制气厂和我们自己开发的实验系统中取得了较好的应用效果.

参 考 文 献 (References)

- [1] IEC. Digital Data Communications for Measurement and Control - Fieldbus for Use in Industrial Control Systems [M/CD]. IEC61158-1, 1999.
- [2] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [3] Fieldbus Foundation. Fieldbus Technical Overview [EB/OL]. <http://www.emersonprocess.com/home/library/fieldbus/techover/>, 1996.
- [4] FF-894 PSI .0, FOUNDATION (tm) Specification Function Block Application Process [S].

作者简介

王忠锋(1976-),男,博士.研究领域为工业以太网现场总线互操作和基于 XML 的设备描述.

王宏(1963-),男,研究员,博士生导师.研究领域为网络通信及自动化控制系统.

于海斌(1964-),男,研究员,博士生导师.研究领域为智能生产调度,分布式控制系统,离散事件动态系统等.