

中国石油大学（华东）

硕士学位论文

基于IFSF的加油站互联系统研究与设计

姓名：蔡丽娟

申请学位级别：硕士

专业：信息与通信工程

指导教师：单亦先;任旭虎

20100501

摘 要

信息技术的日新月异，为我国各大石油企业管理模式向扁平化方向发展提供了良好的技术基础。论文以中国石油天然气集团公司的信息化建设为背景，针对油品零售网络中加油站这座“信息孤岛”难于实现信息资料共享所导致的一系列管理缺失，探讨了 IFSF 技术在中国石油加油站互联管理系统的解决方案和应用前景。

论文首先介绍了国内加油站前庭设备的连接现状，并从控制模式、故障处理、通讯速率等技术层面和实施风险方面对传统架构进行了详细分析，总结出了目前系统互联架构存在的缺陷，并针对国内加油站前庭设备种类繁多，通信协议多样化，致使难以实现集成监控的现实问题，提出了基于 IFSF 标准架构的互联技术方案，设计开发了基于 IFSF 协议的加油机模拟软件，测试结果表明，该方案无需前庭控制器进行协议转换，避免了传统互联方案导致的单点故障和轮询延迟，提高了加油站互联系统网络传输的实时性和稳定性。同时论文在借鉴前庭控制器的基础上，以传统加油机为研究对象，设计开发了集成 IFSF 协议的嵌入式协议转换模块，实现了传统加油机与 IFSF 平台系统的有效融合，为我国加油站由传统网络逐步过渡到全 IFSF 网络提供了一种可行方案。在此基础上，开发了基于 web 的加油机远程管理系统，实现了加油机远程串口参数、协议版本、逻辑节点号的配置，提高了 IFSF 互联系统的管理水平和效率。

实践证明，论文提出的基于 IFSF 标准架构的互联技术方案和集成 IFSF 协议的嵌入式协议转换模块，实现了加油站前庭设备的统一监控和管理，为实现全 IFSF 加油站互联系统进行了有益的探索。

关键词：前庭控制器；IFSF；嵌入式加油机 PCD；协议转换；动态 web

Research and Design on Interconnected System at Gas Station

Based on IFSF

Cai Lijuan (Information and Communication Engineering)

Directed by Professor Shan Yixian and Associate Professor Ren Xuhu

Abstract

Information technology changing rapidly provides a good technical base for the development to the flat direction of management mode of big oil companies. With information construction of PetroChina Company Limited in the background, the paper investigates the solution and applications of the IFSF used in PetroChina gas station management system for a series of management deficiencies caused by stations which is called "information island" in oil retail network and difficult to achieve resource sharing.

This paper first introduces the domestic connection of vestibular devices at gas station and analyzes the traditional architecture specifically from the control mode, fault processing, communications and other technical aspects and implementation risk. Then summarizes the defects from current structure. For practical problems of integrating defficultly caused by variety of vestibular devices at domestic gas station and diversity of communication protocols, the paper proposes a interconnect technology based on standard architecture of IFSF designs and develops a dispenser simulation software based on IFSF protocol. The test results of software show that this program is no need for forecourt controller to convert protocols, avoids the problems such as single point and delay caused by traditional interconnected programs, and improves the real-time performance and stability of data transmission in management network of gas stations. Meanwhile on the basis of forecourt controller, the paper takes the traditional dispenser as the object of study, designs and develops the protocol conversion module integrated IFSF protocol, achieves the effective integration of traditional dispenser and the IFSF system, and finally provides a feasible option for the transition from traditional network to full IFSF network of dometic gas stations. On this basis, the paper develops a web-based remote management system for dispensers which achieves the configuration of serial port parameters, protocol version, the logical node number of remote dispensers. This design improves the management level and efficiency of interconnected system based on IFSF.

Practices show that the interconnect program of standard architecture based on IFSF

proposed and the protocol conversion module integrated IFSF protocol can achieve the united monitoring and management for vestibular devices, and this research is a useful exploration for the realization of the full IFSF interconnected system at gas stations.

Key words: forecourt controller; IFSF; embedded PCD of dispenser; protocol conversion; dynamic web

关于学位论文的独创性声明

本人郑重声明：所呈交的论文是本人在指导教师指导下独立进行研究工作所取得的成果，论文中有关资料和数据是实事求是的。尽我所知，除文中已经加以标注和致谢外，本论文不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含本人或他人为获得中国石油大学（华东）或其它教育机构的学位或学历证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对研究所做的任何贡献均已在论文中作出了明确的说明。

若有不实之处，本人愿意承担相关法律责任。

学位论文作者签名：蔡丽娟

日期：2010年6月5日

学位论文使用授权书

本人完全同意中国石油大学（华东）有权使用本学位论文（包括但不限于其印刷版和电子版），使用方式包括但不限于：保留学位论文，按规定向国家有关部门（机构）送交学位论文，以学术交流为目的赠送和交换学位论文，允许学位论文被查阅、借阅和复印，将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，采用影印、缩印或其他复制手段保存学位论文。

保密学位论文在解密后的使用授权同上。

学位论文作者签名：蔡丽娟

日期：2010年6月5日

指导教师签名：单永刚 任晓光

日期：2010年6月5日

第 1 章 前言

1.1 课题的来源及研究意义

随着石油行业信息化建设的推进，我国各大石油公司积极推进加油站管理系统，旨在通过规范业务流程、整合集成业务数据，实现信息的及时、准确与共享，加快市场反应速度、提高企业竞争力。加油站管理系统最基本的需求就是对成品油及便利店零售业务的系统规划，对前庭设备进行统一管理和集成监控。因此，前庭设备的连接是加油站管理系统的核心技术。

加油站管理系统要求集成所有前庭设备（包括加油机、液位仪、支付柱、价格牌以及洗车设备等），在保证前庭设备正常运行的前提下，使加油站业务流与数据流高效传输。由于前庭设备的多样性和复杂性，每种设备都可能来自不同的厂家，有着不同的功能和通讯协议，这就对它们的集成提出了更高的要求。

课题以中国石油天然气集团公司的信息化建设为背景，针对油品零售网络中加油站这座“信息孤岛”难于实现信息资料共享所导致的一系列管理缺失，探讨了 IFSF 技术在中国石油加油站互联管理系统的解决方案和应用前景。

IFSF 是石油零售行业的国际标准组织，致力于协调石油零售行业前庭设备的可互操作性和通信标准。IFSF 设计、开发和推广加油站现场通信的技术标准，旨在帮助石油公司提高其加油站的营运效率。其最终目标是使得石油公司可以从市场上选择不同制造商的加油站设备，而不必担心彼此之间的连接转换问题^[1]。IFSF 架构是一种先进的前庭设备连接方式，而国内目前使用的前庭控制器方式仍有许多不足需要改进。因此，本论文提出在中国石油零售行业采用 IFSF 架构，并根据我国国情将 IFSF 协议中国化，对不需要的内容进行裁减、添加部分指令完成项目需求。同时，论文开发 IFSF 加油机模拟软件验证 IFSF 架构在中国的可行性和先进性。本文还对 IFSF 连接方式的实现进行探索，提出在 Non-IFSF 设备中增加嵌入式协议转换模块与设备主板相连，实现前庭控制器连接方式向全 IFSF 网络的完美过渡，对国内石油行业的信息化建设具有一定的指导意义。

1.2 国内外研究现状综述

1.2.1 国内外加油站前庭设备连接方式研究

前庭设备连接的核心目的是为了实时采集前庭设备的数据，数据的采集经历

了手工采集、自动采集到自动控制的过程，国内外前庭设备厂商为了能够实现前庭设备数据的自动采集，定义了前庭设备的通讯协议，并在前庭设备中实现了通讯模块。国内外出现了中控系统方式、卡机联动方式、前庭控制器方式以及 IFSF 架构四种加油站互联方式：

1) 中控系统方式：中控机完成设备控制功能，通过集线器完成其它功能；

2) 卡机联动方式：在加油机的卡模块上完成加油机控制功能，通过集线器完成其它功能；

3) 前庭控制器方式：通过前庭控制器完成网络集成、数据传输、协议翻译和设备控制功能；

4) IFSF 架构方式：通过软件多点控制前庭设备，各前庭设备基于 IFSF 标准，不需要进行协议翻译工作，底层通过 LonWorks 或 TCP/IP 网络实现网络集成和数据传输功能。

1.2.2 国内外加油站信息化建设情况概述

美国是全球汽车人均拥有量最高的国家，同时也是成品油消费量最大的国家，油品主要通过分布于全国约 17.4 万个加油站进行终端销售。美国加油站的技术含量很高，80% 以上的加油站安装有 POS（中控）系统和液位仪等自动计量设备，其中 70% 以上的加油站安装了中高端液位仪和管理系统来监测油灌，形成连锁化经营管理，政府主管部门也便于进行统一的监控。运用网络管理加油站的进销调存，使运营效率大大提高，并减少了油品损失。高技术的应用使美国出现了很多无人加油站，大约有 85% 的加油站采用自助式加油和结算，而油品配送完全通过 POS（中控）系统和液位仪进行远程管理。

德国在欧洲众多国家中具有最高的环保意识，要求所有管道和油罐均需“双壁设计”，以达到“零泄漏要求”。因此，许多小型的加油站不得不关闭，加油站数量正以 1.5% 的比例减少。德国油品管理自动化发展已久，最初阶段库存数据来自于 POS/BOS 销售和配送的信息，由人工检测并输入 POS/BOS，以获取进销存信息。这种方式解决了一些初步的进销存管理信息，然而也导致了空罐现象时有发生，而且效率不高。因此，各大跨国石油零售公司开始采用探棒与 POS/BOS 系统进行连接，以实现库存管理的自动化，收到了良好的效果。

另外，在英国、加拿大、法国等西方国家也普遍使用液位仪和中控系统进行

加油站管理。当然，由于西方国家具有一整套完善的信用体系，信用卡消费非常普及，在支付手段上占了很大的比重。

虽然目前我国也已经建成一个比较完善的金卡系统（中国石化 IC 卡工程、中国石油金卡系统），部分地解决了我国加油站信息化建设工作，但由于存在我国在使用现金支付的消费习惯、卡充值及挂失等处理不便利、系统间结算阻碍、信用体系建设不健全等众多问题，加上系统建设成本高昂，尤其在非城市地段和跨省区域使用起来仍有众多困难，加油站互联管理系统可以作为金卡工程的有益补充。

1.3 课题的研究工作

本文以中国石油天然气集团公司的信息化建设为背景，对加油站前庭设备连接技术进行了系统的研究，主要研究工作包括：

1) 针对我国目前加油站互联系统方案，即基于主从模式的前庭控制器方式，分析此架构导致的故障点集中、轮询响应延迟以及不利于网络扩展等问题，提出更加先进有效的架构方案——基于对等模式的 IFSF 架构。

2) 在深入研究 IFSF 协议的基础上，使用 VB 设计开发了基于 IFSF 协议的加油机模拟软件，模拟实现了一台双面六枪的加油机。该模拟油机能够直接发送 IFSF 数据帧与现场控制器进行通讯，并设计疲劳测试使模拟软件连续自动加油 100 笔，验证 IFSF 架构的稳定性和系统响应的实时性。

3) 为使目前的加油站互联系统架构能够很好向 IFSF 架构过渡，本文提出去除前庭控制器，在加油机中嵌入协议转换模块（简称 PCD），使系统中的 Non-IFSF 设备能够逐步替换为 IFSF 设备，并且对系统运行不产生任何影响。PCD 实现加油机私有协议与 IFSF 协议的转换功能以及数据缓存功能，同时开发动态 web，使用户能够通过浏览器访问 PCD，实现对加油机的参数配置以及加油机实时数据的监控查询。

1.4 本文章节安排

本文共分为六章，除本章之外其它各章的内容概括如下：

第 2 章 详细介绍我国加油站管理系统所采用的国际标准 IFSF 协议以及 IFSF 中国化应用的修改内容。IFSF 设备协议涵盖了几乎所有的加油站前庭设备应用，

包括加油机，液位仪，价格牌，支付柱，洗车设备等，本文以加油机为研究对象，介绍 IFSF 加油机协议中的状态定义、九种状态之间的转换机制（国内应用中裁剪为七种状态），以及交易缓存区的三种状态转换机制。掌握 IFSF 协议数据帧格式、加油机设备协议、状态转换机制以及交易缓存机制，是设计开发基于 IFSF 协议的加油机模拟软件和嵌入式加油机 PCD 软件的必要前提。

第3章 详细介绍目前我国加油站前庭设备的连接方式，即主从模式的前庭控制器连接架构，并从控制模式、通讯流程分析该方案存在的问题，提出采用对等模式的 IFSF 标准架构。该连接方式在国外加油站已存在应用实例，而在国内石油行业的应用历史仍是空白。本章将对对比分析这两种连接架构，并说明 IFSF 标准架构的特点及其先进性。

第4章 详细说明基于 IFSF 协议的加油机模拟软件的设计与实现。首先根据应用情况列出加油机模拟软件的功能需求、介绍 access 文档实现的加油机数据库、模拟加油机与加油站管理系统网络建立连接的初始化流程，以及通过两个应用实例对加油机模拟软件的设计进行说明。最后，软件还通过定时器的设置来实现模拟加油机连续自动加油 100 笔的操作，验证了 IFSF 架构的可靠性和实时性。

第5章 详细说明嵌入式加油机 PCD 应用软件的设计与实现。本章首先简单介绍了嵌入式系统、PCD 硬件开发板的选型以及嵌入式软件开发中交叉编译环境的搭建，接着按照嵌入式软件开发流程，从需求分析、软件概要设计、软件详细设计、软件实现和软件测试等方面对 PCD 应用软件进行详细介绍。其次，介绍如何使用 CGI 技术开发 PCD 动态 web，实现 PCD 串口参数、加油机协议版本号、逻辑节点号等信息的配置以及加油机实时数据的监控。最后，将开发完成的 PCD 嵌入实际加油机进行通讯测试并分析运行结果。

第6章 总结论文研究工作中取得的成果，并对进一步的研究工作提出展望。

第 2 章 国际标准 IFSF 研究

加油站管理系统项目用于支持和改善加油站成品油及便利店零售业务，旨在通过借鉴国际石油公司的成功经验，在深入研究 IFSF 的基础上，搭建具有国际先进水平、符合我国石油行业发展战略的加油站业务管理平台。本章主要研究国际标准 IFSF 协议以及为适合中国国情而对其所做的相应修改。

2.1 IFSF 简介

IFSF (International Forecourt Standards Forum) 是石油零售行业的国际标准组织，致力于协调石油零售行业前庭设备的可互操作性和通信标准。IFSF 设计、开发和推广加油站现场通信的技术标准，旨在帮助石油公司提高其加油站的营运效率。其最终目标是使得石油公司可以从市场上选择不同制造商的加油站设备，而不必担心彼此之间的连接转换问题。IFSF 是一个非盈利性组织，不销售商业产品和服务，它的宗旨是鼓励设备制造商为市场提供 IFSF 认证的、可操作的设备，供给石油公司使用^[1]。

IFSF 的设计思想包括：开放的通讯层系统；不依赖特定的供应商；协议对前庭设备的高度灵活性；降低设备购买、安装、测试和支持的成本；大大缩短开发时间；保证网络传输及时性的高可靠性。

IFSF 组织创建了石油零售前庭中设备互联的通用标准，即 IFSF 协议，维护成品油零售商的权益，规范前庭设备厂商，在前庭工业领域内建立一个无缝连接的标准。IFSF 协议由一系列规范和相关文档组成，定义了前庭设备之间通讯的协议和规范，设备应用（加油机，液位仪等）之间消息传递的流程以及应用开发接口。

2.2 IFSF 通讯协议

IFSF 通讯协议^{[18][19]}用来定义加油站前庭设备之间的数据通讯规则，可以将 IFSF 通讯协议与通讯网络 OSI 七层模型^[20]进行对比，其中 IFSF 通讯协议用来制定从物理层到表示层的规则以及应用层的应用接口，而 IFSF 设备协议用来定义应用层的具体数据。

根据以上的划分，可以把 IFSF 网络的通讯层和应用层区分开来，通讯层由底层的物理层直到表示层来定义。在通讯层上，IFSF 规定了可以使用的两种网络结

构，一种是基于 LonWorks 的，而另一种则是基于更通用的 TCP/IP。

LonWorks 是一种工业现场总线^[21]，是美国 Echelon 公司在 1990 年推出的相对成熟的总线技术。它是唯一一种涵盖 Sensor Bus^[22]、Device Bus^[23] 和 Fieldbus^{[24][25]}三种应用层次的总线技术。LonWorks 网络采用 LonTalk 通信协议，并通过神经元芯片 (Neuron Chip) 上的硬件和固件 (firmware) 实现，支持 OSI 的所有七层模型。网络拓扑结构可以是总线型、星型、环型和混合型，可实现真正的自由拓扑。它采用面向对象的设计方法，通过网络变量把网络通信的设计简化为参数设置，通信速率从 300bps 到 1.25Mbps，直接通信距离可达 2700m (78Kbps, 双绞线)。通信介质支持双绞线、同轴电缆、光纤、射频、红外线及电力线等。编址方法提供了巨大的网络寻址能力。具有高可靠性、易于实现和互操作性等特性。

TCP/IP 起源于 60 年代末美国政府资助的一个分组交换网络研究项目，随后发展成为计算机之间最常用的组网形式。它是一个真正的开放系统，因为协议族的定义及其它多种实现可以不用花钱或花很少的钱就能公开地得到。它成为“全球互联网”或“因特网”的基础。它的广域网包含遍布世界各地的绝大多数计算机。

2.2.1 通讯消息基础

在 IFSF 网络中，使用六种基本的消息以访问系统中的数据，即读消息 (Read Messages)、应答消息 (Answer Messages)、写消息 (Write Messages)、带确认的主动数据消息 (Unsolicited Data Message with Acknowledge)、非确认的主动数据消息 (Unsolicited Data Message without Acknowledge)、确认消息 (Acknowledge Messages)。表 3-1 列出了这六种消息的发送序列。

读消息允许发起设备读取接收设备的数据元素值，但只能请求可访问的数据元素，并且消息是与应用相关的。在一个命令中也可以读取多个数据元素，这通过请求一个数据元素的序列来完成。接收方必须在超时间隔内以应答消息响应读消息。如果接收节点不能进行响应，或者接收节点繁忙，又或是读消息包含错误的数据库地址，那么它必须用确认消息进行应答从而表明所处情况。

应答消息返回发送设备的读消息中所有请求的数据元素值。

写消息用于从发送设备传送数据到接收设备。数据元素的标识符在接收设备中定义。写消息可以通过数据元素加对应值的格式，向接收设备写入多个数据元

素值。发送一条“命令”相当于发送一个不向数据元素中写值的写消息。接收方必须在超时间隔内以确认消息来响应写消息。

带确认的主动数据消息用来发送特定数据元素的值。接收方必须在超时间隔内以确认消息来响应该消息。与写消息唯一的不同在于数据元素定义在发送设备中。

非确认的主动数据消息用于发送数据元素（如状态转换、错误），而接收方不需响应该消息。

确认消息是接收方用于对一个消息（写消息、带确认的主动消息）做出的响应。

表2-1 消息序列表
Tab2-1 Table of message sequence

发送端		接收端
一个设备向单一数据库请求数据元素		
读消息	→	
	←	应答消息
一个设备向多个数据库请求数据元素		
读消息	→	
	←	应答消息
	←	应答消息
		...
	←	应答消息
向一个设备发送数据元素		
写消息	→	
	←	确认消息
发送带确认的主动数据消息		
主动数据消息	→	
	←	第一个接收端确认消息
	←	第二个接收端确认消息
		...
	←	最后一个接收端确认消息
发送不需要确认的主动上送数据消息		
主动数据消息	→	

2.2.2 应用消息格式

消息格式用来描述不同设备应用之间的连接，表 3-2 用来定义从发送设备应用层发送到发送设备通讯层的数据、网络上的数据帧和接收设备接收到的应用数据。其中 IFSF_MC 字段用来过滤接收到的消息，LONTALK 消息代码总是和

IFSF_MC 有相同的值, 这样可以使神经元芯片来过滤消息 (0-应用消息, 不被神经元处理; 1-心跳消息; 2-通讯数据库消息)。BL 是针对 LonWorks 网络中消息长度的限制所采用的, 在 TCP/IP 网络中, TCP 包的长度可以满足完整的发送 IFSF 应用协议, 因此不需要 BL 数据元素。

表2-2 IFSF消息格式

Tab2-2 Format of IFSF message

消息域	字节数	描述
LNAR	2	接收端逻辑节点地址
LNAO	2	发送端逻辑节点地址
IFSF_MC	1	消息类型代码
BL	1	分块号
M_St	1	消息状态
M_Lg	1	消息长度
DB_Ad_Lg	1	数据库地址长度
DB_Ad	1-8	数据库地址
Data_Id	1	应用数据标识符
Data_Lg	1 或 3	应用数据长度
Data_El	n	应用数据内容

消息状态 (M_St) 用来指明消息所带数据的类型, 具体定义见表 2-3。Token 由消息发送方确定, 主要用来建立已收到消息与先前发送消息的连接 (询问、命令)。Token 值由发送方筛选, 并且和接收方的返回值 (不进行任何处理) 有关, 所以发送方可以一直使用同一个 Token (如果不需要使用该连接) 或者对每个消息使用不同的 Token 值。除了应答消息或确认消息外的所有消息都可生成 Token, 这两种类型的消息仅仅将它们在消息中收到的 Token 返回给它们的响应。

表2-3 消息状态

Tab2-3 Table of message status

第 8 位	第 7 位	第 6 位	第 1-5 位	描述
0	0	0	Token 0~31	读消息
0	0	1	同上	应答消息
0	1	0	同上	写消息
0	1	1	同上	需要确认的主动数据消息
1	0	0	同上	不需确认的主动数据消息
1	1	1	同上	确认消息

2.3 IFSF 设备协议

IFSF 设备协议^{[26][27][28][29]}是由 IFSF 协议中关于前庭设备的相关应用文档所定义的, IFSF 协议中涵盖了几乎所有的加油站前庭设备的应用, 包括加油机, 液

位仪，价格牌，支付柱，洗车设备等，本文以加油站应用中最具代表性的设备加油机为研究对象，对 IFSF 加油机协议进行说明。

IFSF 加油机协议定义了加油机的状态转换图、状态改变的触发事件，并定义了完整的加油机数据库。IFSF 以加油点（Fuelling Point）为主体定义加油机的动作，一个加油点即为一条加油枪。

2.3.1 加油点状态转换图

IFSF 加油机协议定义了九种状态，即未配置（INOPERATIVE）、停机（CLOSED）、空闲（IDLE）、提枪（CALLING）、已授权（AUTHORISED）、开始加油（STARTED）、加油中（FUELLING）、暂停启动（SUSPENDED STARTED）和暂停加油（SUSPENDED FUELLING），同时定义了状态转换的十三个触发事件，如图 2-1 所示。

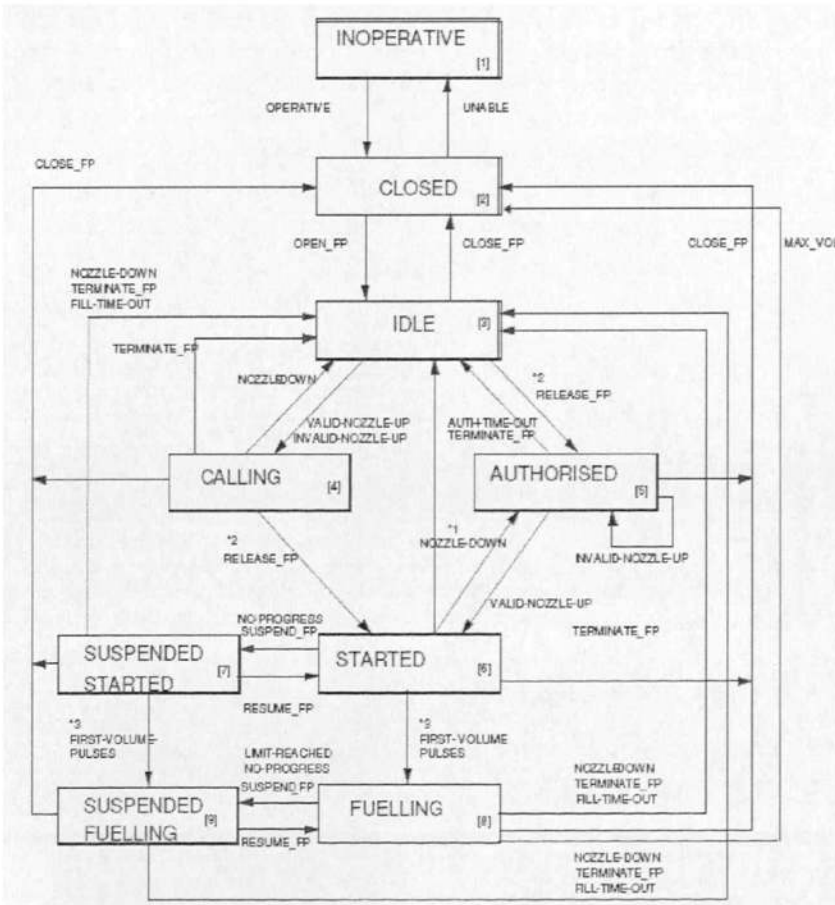


图2-1 加油点状态转换图
Fig2-1 Transition diagram of pump status

在图中可看到[3]-[4]-[6]-[8]和[3]-[5]-[6]-[8]两条加油流程，分别代表两种加油方式。前者为随机加油（又称 PAK 加油）；后者为预设加油。随机加油是最常见的一种加油方式，用户提枪后需要现场控制器授权才能加油，操作流程为提枪-授权-加油；而预设加油表示用户可以预先在加油机面板或 POS 机上设定需要加油的金额/体积，然后提枪加油到设定值时油泵自动停止，操作流程为预授权-提枪-加油。对基于 IFSF 协议的加油点状态转换图说明如下：

1) 当无法控制加油点时，加油点处于未配置状态，原因可能是配置数据丢失、正在更改数据或者是检测到重大异常等情况。配置成功后，加油点进入关闭状态。此时加油机只是完成了配置初始化工作而并未开机，客户无法对其进行操作。

2) 加油机上电后首先处于关闭状态，初始化完成与现场控制器建立连接后，现场控制器会给加油点发送开机指令（OPEN_FP），此时加油点转变为空闲状态表示已被现场控制器识别并受控，此时该加油点可以进行加油。

3) 在空闲状态下提枪，加油机显示为提枪状态，此时扣动扳机不能出油，需要工作人员在 POS 机上对提枪的加油点进行授权（RELEASE-FP）操作，使加油点转变为已授权状态后，方可加油。

4) 当加油机处于已授权状态而在预先设定的最大授权时间内未加出油时，加油点自动返回空闲状态，挂枪后等待新交易。

5) 在开始加油状态下，当加油点检测到已加出预先设定的最小出油量时，加油点转变为加油中状态；若在设定时间内未检测到该最小出油量，油机转变为空闲状态，挂枪后等待新交易。

6) 加油点加出油并挂枪后，加油机会自动生成一笔加油交易上传给现场控制器，系统收到交易数据并清除交易缓存后，加油点回到空闲状态等待新交易。

IFSF 协议定义加油点在正常情况下的状态转换图的同时，还定义了错误情况下的状态转换图以及对一些异常情况的处理，在此不再赘述。对于处在九种状态上的加油点，当检测到重大异常时，所有状态都回到未配置状态；当检测到一个微小异常时则保持原状态。

2.3.2 交易缓存区状态图

IFSF 协议定义了加油交易缓存区的三种状态：已清除（状态位置 1）、可支

付（状态位置 2）、已锁（状态位置 3），其状态间的转换情况如图 2-2 所示。

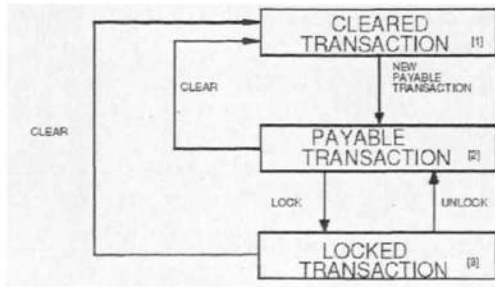


图2-2 交易缓冲区状态转换图

Fig2-2 Transition diagram of transaction buffer status

针对交易缓冲区状态转换图说明如下：

1) 当一笔加油交易结束后，加油机会将加油量、加油金额、单价、加油枪号以及交易缓存区状态等加油信息封装成 IFSF 数据帧格式通过以太网口发送出去，此时的交易缓存区状态为可支付状态。在我国目前的前庭控制器连接方式中，则是由前庭控制器将询问获得的加油信息封装为 IFSF 数据帧发送给现场控制器。

2) 可支付状态下的交易缓存，需要由控制器下发清除交易缓存的指令，表示该笔交易已被读取。交易缓存清除后才能使新交易获得缓存区继续存储，否则新交易无法进行。

3) 加油点收到锁缓存的命令后，该笔可支付交易被保留并且只能由下发锁缓存命令的控制器清除，锁命令中包含控制器的 ID 信息（子网地址和节点号）。

4) 解锁命令使用在两种情况下：第一，当控制器锁住了错误的可支付交易时必须由该控制器进行解锁返回交易可支付状态；第二，当锁住交易的控制器出现故障或者掉线时，可由其它任何一台控制器进行解锁，只需将其子网地址、节点号全部设置为零。

2.4 IFSF 协议应用修改

国际 IFSF 协议引入中国，为适应我国加油站前庭设备的工作流程和设置规定，必须对其进行中国化修改。以下是我国加油站信息化建设中 IFSF 协议进行裁减和增加的内容：

1) 状态裁减

IFSF 加油机状态转换图涵盖九种状态，完备性很强，考虑到了 IFSF 系统架构中加油机的所有可能情况。但其中一些状态对于国内加油机而言从未定义，即

便是在国内加油站信息化的基本需求中，也认为没有太大必要，因此我国对 IFSF 加油机的九种状态进行裁减，取消暂停启动和暂停加油两种状态（SUSPENDED STARTED 和 SUSPENDED FUELLING），其余状态及转换机制保留如下图所示。

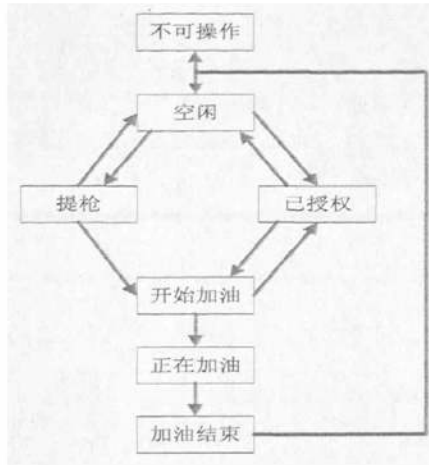


图2-3 国内加油点状态转换图

Fig2-3 Transition diagram of pump status in China

2) 增加数据元素

加油机在脱离控制器的状态下也可以进行加油操作，这样的加油方式称为离线交易，加油数据由加油机保存。在信息化网络中，我们希望将加油机的离线交易也上传至总部系统，而 IFSF 协议中未曾定义读取加油机离线交易的指令。因此，我国应用中增加了读取离线交易的命令字。在加油机与系统连接初始化时，现场控制器首先下发读取加油机离线交易的指令，直到加油机将所有离线交易逐条上传完毕之后，现场控制器才会下发开启加油机的指令。并且，在 IFSF 协议中并没有定义关于加油机泵码查询的指令，而后台系统需要泵码数据统计日结报表，同时我们也可以根据 IFSF 数据帧中交易前后的泵码数做差来检验加油量是否正确。故而在我国的 IFSF 应用中增加数据元素 C8/CA/CB/CC/CD，详细定义说明见下表（M/O：必选/可选）。

表2-4 增加指令说明

Tab2-4 Explanation for additional instructions

Data_Id	Data Element Name Description	Field Type	Read/Write in State	M/O
离线交易命令				
C8	读取离线交易：在恢复连线之后，读取离线交易。 这个消息包括：	CMD	W (3)	M

	-TR_Amount -TR_Volume -TR_Unit_Price -TR_Log_NoZ -TR_Prod_Nb -日期 -时间			
C9	删除离线交易：读取完离线交易之后，删除该笔交易。	CMD	W (3)	M
交易相关数据				
CA	日期：产生离线交易的日期	DATE	R (1-3)	M
CB	时间：产生离线交易的时间	Bcd6	R (1-3)	M
CC	起始泵码数：交易开始前的累计数（升数）	bin8+bcd12	R (1-3)	M
CD	终止泵码数：交易开始后的累计数（升数）	bin8+bcd12	R (1-3)	M

应用举例：

1) 读离线交易

```
->pump:01.01.02.01.00.04.00.0D.04.20.21.00.00.C8.05.06.07.08.0A.CA.CB
pump->:02.01.01.01.00.24.00.2F.04.21.21.00.19.C8.00.05.05.06.00.00.11.16.06.05.0
6.00.00.01.86.07.04.04.00.06.00.08.01.01.0A.04.00.00.00.10.CA.04.20.09.07.17.CB.
03.16.27.20
```

2) 读取加油机交易

```
->pump:01.01.02.01.00.0A.00.0C.04.21.21.00.13.05.06.07.08.0A.CC.CD
pump->:02.01.01.01.00.2A.00.34.04.21.21.00.13.05.05.06.00.00.08.35.06.05.06.00.0
0.01.67.07.04.04.00.07.00.08.01.01.0A.04.00.00.00.10.CC.07.0A.00.00.00.36.08.29.
CD.07.0A.00.00.00.36.09.96
```

2.5 本章小结

本章主要介绍国际标准 IFSF 协议以及对 IFSF 中国化的研究，内容包括 IFSF 消息类型、IFSF 消息的数据帧格式、加油点状态转换机制、交易缓存状态转换机制。本章内容是开发基于 IFSF 协议的加油机模拟软件以及嵌入式加油机 PCD 协议转换模块的必备知识。

第3章 基于IFSF的加油站互联系统研究

在我国石油行业的信息化建设中，最基本的需求就是对石油零售业务进行系统规划。要实现这样的目标，就必须建立适合的加油站管理系统，对前庭设备进行统一管理和集成监控。因此，前庭设备的连接方式是加油站管理系统的关键技术。也正是基于此，在石油行业这股信息化的浪潮中，前庭连接技术得到了业界高度的关注，不断的被提出，改进和发展。

采用加油站管理系统实现信息化建设的关键点分析如下：

1) 数据采集快速。采集速度将会影响客户等待时间和油站的经营效率，尤其是对于一些中大型油站更是如此，如24枪、36枪油站，因为油枪越多，轮询周期就越长，因此对控制系统的性能要求比较高，要有较高的配置。

2) 系统稳定性。油站是24小时运营部门，承担着日常零售任务，如果系统不稳定，经常出现故障，如死机，将会造成数据丢失，不能及时打票收银，影响客户服务水平。

3) 系统准确性。加油站管理系统经常出现的一个问题就是数据采集与实际不符，例如比油机显示金额多一分或少一分，从而造成金额、实物、帐目之间的差异。

4) 业务灵活性。由于历史原因，各个油站在业务模式或业务流程方面都或多或少地存在一些差异。例如交接班，有的加油站是以票房交接为主，而有的加油站则是以加油员的交接为准；又如，有些业务繁忙的加油站，要求使用双收款台；又如，个别油站存在连通罐、油枪换油品、油罐换油品等特性。

5) 管理精益性。除了系统前端采集和收银的方面外，在系统的后台进销存管理、统计报表、帐务处理等也要进行细化，以满足加油站的精益化管理需求，提高加油站的管理水平和竞争能力。

3.1 我国加油站前庭设备连接现状分析

目前，国内加油站管理系统网络采用的是一种基于主从模式的前庭控制器连接方案。在此架构中，加油机、液位仪、价格牌等前庭设备（未来还可能包括洗车设备）通过前庭控制器连入网络；而室外支付终端、POS、BOS和EFT通过以太网口连入网络；网络接入设备，如ADSL调制解调器，CDMA或GPRS接入设备等，通过专线或拨号方式接入石油公司的总部网络。

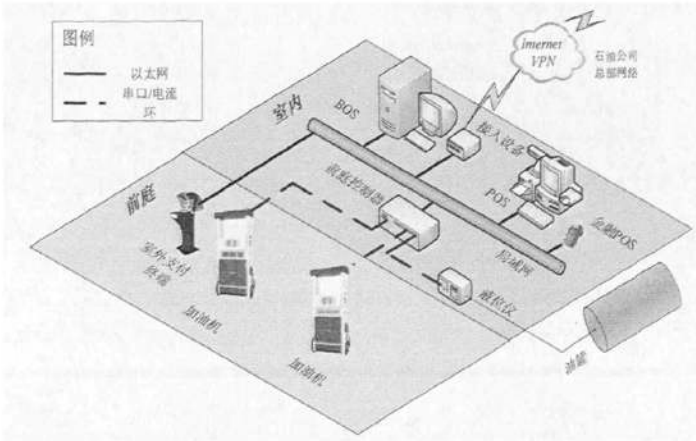


图3-1 主从模式的前庭控制器架构

Fig3-1 FCC architecture based on Master-slave model

在我国加油站管理系统中，核心管理设备有 POS (Point of Sale)、BOS (Back Office System) 和 HOS (Head Office System)。POS 和 BOS 运行在加油站中，实现对加油站各种前庭设备的监控；HOS 运行于石油公司总部，统计管理油品、非油品的销售情况。具体功能说明见下表。

表 3-1 加油站管理系统核心设备功能说明

Tab3-1 Function of core equipments in station system

POS——前台销售系统	BOS——后台管理系统	HOS——总部系统
多功能销售终端，用于服务顾客和为 BOS 获取数据。POS 具有普通商场收银机功能并符合统一标准。POS 上的应用包括授权加油机、预设加油、锁住前庭以及解锁前庭、停止加油机、油品及非油品交易支付、油罐数据的读取等。	加油站的后台数据处理系统，收集每个加油站现场数据并转发给 HOS。输入到 BOS 的数据通常是自动从 POS 送过来。BOS 上的应用包括油品紧急补货申请、非油品退货与报废申请、收油单据填写、库存盘点、接收油品变价指示等。	主要执行管理功能，包括管理财务及税赋，控制销售、支付、库存，管理产品供应，提供有效的市场统计报表，监控环境，如油品的损失和泄漏等。

在主从模式下，前庭设备不主动提供数据给控制系统，而是由前庭控制器发送询问加油机信息的指令再发送到控制系统。该连接方案底层使用 TCP/IP 网络，前庭设备与前庭控制器采用设备私有协议传输数据，而前庭控制器与现场控制器采用 IFSF 协议传输数据。

前庭控制器 (ForeCourt Controller, 简称 FCC)：前庭控制器一般由第三方或加油机厂商生产，连接前庭设备和现场控制器，在本架构中处在核心地位，所实现的功能包括集线、电信号转换、协议转换、设备控制和数据缓存。

1) 集线及电信号转换

FCC 要连接控制前庭的各种专业设备,必须具备多种物理通讯接口的接入功能,如电流环,RS232,RS485,TCP/IP 以太网接口等。因此 FCC 本身就是一个可以兼容各种通讯端口的集线装置。前庭设备和加油站现场控制器都通过 FCC 进行数据传输和通讯。

2) 协议转换

FCC 向下连接各种品牌、型号的前庭设备,包括加油机、液位仪、室外支付终端等,向上连接加油站控制系统。由于每一种设备都有自己的通讯协议,因此要完成控制系统与前庭设备之间的数据通讯,FCC 必须实现所有设备与加油站控制系统之间的通讯协议的转换问题,这是 FCC 的重要功能之一。

3) 设备控制和数据读取

为了完成对前庭设备的控制和管理,FCC 还承担控制及部分管理功能,主要包括前庭设备状态的查询,加油机的开启、关闭和授权、工作模式选择,液位仪的油高、水高、油温等业务数据的读取等。

4) 数据缓存

在网络不通畅或站级现场控制器出现故障时,FCC 能够对需要发送的消息或数据进行临时保存,当网络在设置的重发时间或重发次数内恢复正常时,FCC 能够继续将缓存数据重新上传,确保消息发送成功。

从实用方面考虑,专有协议使得用户(石油公司)不得被锁定在某些供应商,不能适应用户需求的变化;并且石油公司很难将不同厂商加油设备混合在一个加油站中,导致依赖“黑盒子”做协议转换,价格昂贵,维护成本高,项目实施时间拖延。

3.2 基于 IFSF 的加油站互联系统设计

通过以上分析,论文提出采用对等模式的 IFSF 标准架构。该方案通过软件多点控制前庭设备(前庭设备必须与现场控制器软件集成),各前庭设备基于 IFSF 标准,不需要进行协议翻译工作,底层通过 Lonworks 或 TCP/IP 网络实现网络集成和数据传输功能,这是与国内目前连接方式的显著区别。

考虑到在我国采用 Lonworks 网络结构必须要向国际设备公司(主要是美国 Echelon 公司)购买接入 Lonworks 的设备,这笔成本的投入风险较难控制。因此,国内加油站前庭设备的连接方式都使用 TCP/IP 网络。对于安装有 POS 和 BOS 的

PC 设备，需使用 TCP/IP 以太网卡接入 TCP/IP 网络，同时必须在 POS/BOS 上安装现场控制器软件（Site Controller，简称 SC，通常安装在 POS 机中）来实现 POS/BOS 对加油机、液位仪等前庭设备的控制功能。POS 和 BOS 通过 SC 将获取的设备信息和数据进行显示、计算和分析，同时将相关数据上传至石油公司总部。

IFSF 定义的标准协议是一个成熟完善的协议集，包括现场控制器、加油机、液位仪、价格牌、室外支付终端、电子支付服务，洗车设备等。并且对等模式的 IFSF 架构具有一定先进性，可作为国内加油站未来的发展方向。

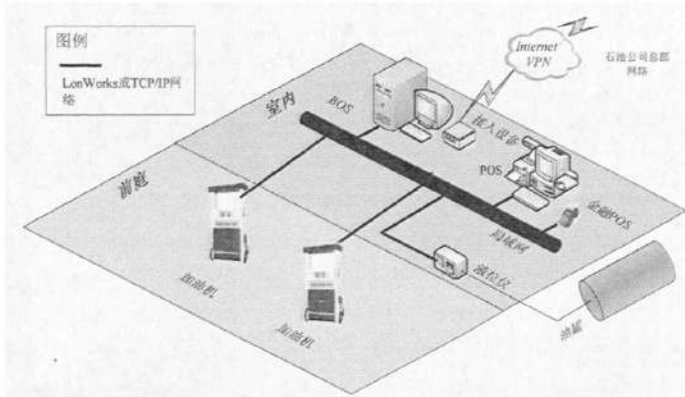


图 3-2 基于对等模式的 IFSF 标准架构

Fig3-2 IFSF standard architecture based on point-point model

对比主从模式连接架构，IFSF 连接架构的优势在于：

1) 减少故障点

在前庭控制器架构中存在许多故障单点，如下左图所示共有近二十个故障点，例如布线连接箱、油枪控制器以及 FCC，这是系统不可避免的架构缺陷。而对等模式 IFSF 架构采用 TCP/IP 作为通讯网络，各设备之间是对等关系实现点对点通讯，这种分散多点控制的模式大大减少了网络中的故障点，使错误排查更加快捷。

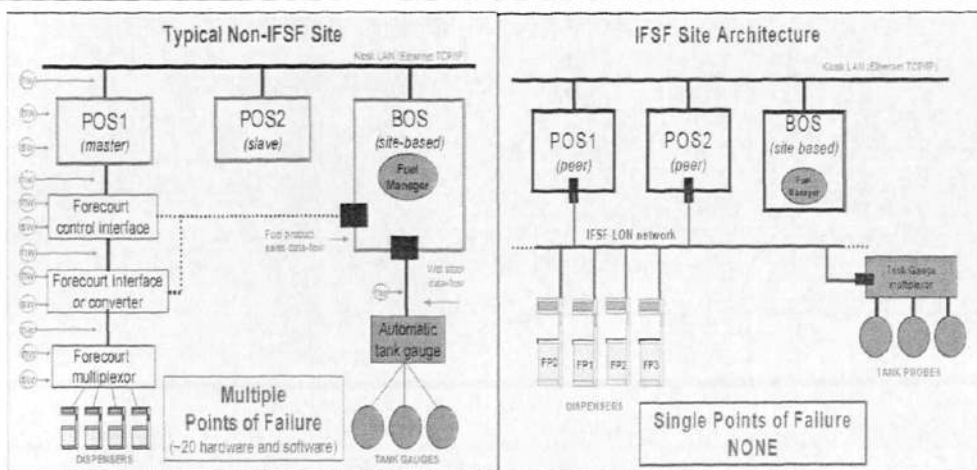


图 3-3 FCC 架构与 IFSF 架构故障点对比

Fig3-3 Comparison of FCC and IFSF Architecture on failure point

2) 消除延迟

主从模式架构中，FCC 作为系统架构中的集中控制设备，需要实时获取所连接的每个前庭设备的状态。在实现时前庭控制器会以较高的频率主动给每台设备发送消息去巡回检测设备状态，这种模式称之为轮询方式。轮询方式对发送巡回检测消息设备的要求较高，需要具有较高的处理能力，同时轮询会造成消息发送和响应的延迟。对等模式架构底层通讯采用 TCP/IP 网络通讯技术，这种通讯方式的一个显著特点是网络中变量的转递是由事件驱动，一旦前庭设备状态发生变化就会立刻发送消息到网络中，SC 无须通过 FCC 下发的轮询指令来获得状态消息。因此，采用此连接方式无须担心轮询方式导致的消息延迟问题。

3) 便于网络扩展

主从模式的连接架构中，前庭设备需要通过前庭控制器连接到系统网络中，并且前庭控制器的通讯接口有限，最多可连接 16~32 台前庭设备。因此，在大型加油站内就有可能需要两台前庭控制器服务，增加了扩展复杂度。而在对等模式的 IFSF 架构中，设备全部是基于 IFSF 协议的，可以通过以太网口连入局域网，即插即用，便于网络扩展。

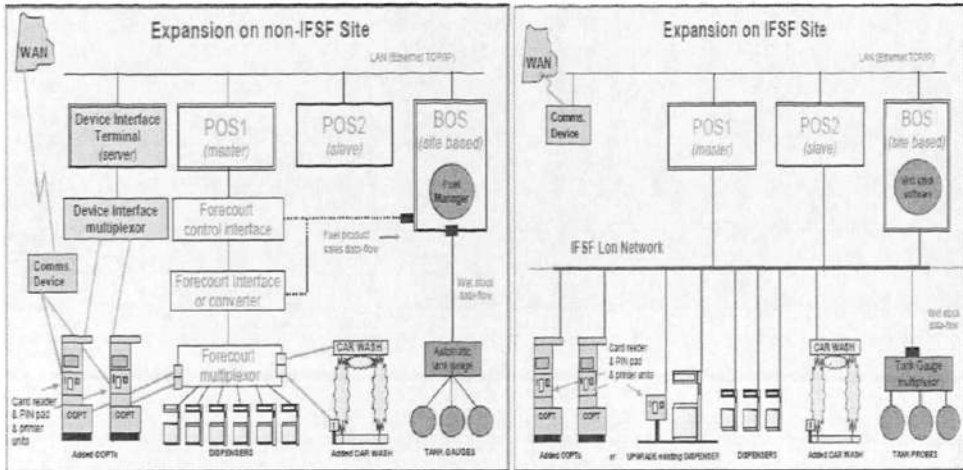


图 3-4 FCC 架构与 IFSF 架构网络扩展对比

Fig3-4 Comparison of FCC and IFSF Architecture on network extension

4) 通讯速率高

主从模式下一般采用串行通讯方式，通讯速率通常为 9600bps，最高可达 56Kbps，对等模式下采用 TCP/IP 速率则可达 10/100 Mbps。这对将来实现加油机上的多媒体服务（例如在加油机上放置液晶显示器为客户播放广告）等应用提供了可能。

5) 便于楼宇管理服务拓展

考虑到未来发展需求，IFSF 架构还可以实现楼宇管理服务方面的业务拓展，将加油站室内的空调、监控器、照明等设备的控制也集成到 IFSF 系统中，建立全面的信息化管理网络。

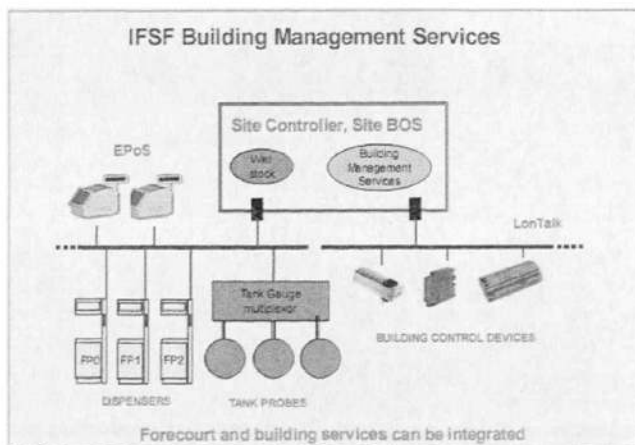


图 3-5 IFSF 楼宇管理服务

Fig3-5 IFSF building management services

3.3 本章小结

本章首先分析了我国目前的连接现状，包括系统架构、前庭控制器以及该连接方式导致的系统问题，为解决以上问题提出在我国采用 IFSF 架构，并说明该架构的显著优势。这是我国加油站信息化网络建设中的一次新的尝试，并且这种架构具有一定的先进性，是信息化网络发展的必然趋势。

第 4 章 基于 IFSF 的加油机模拟软件设计

为验证对等模式 IFSF 架构在我国应用的可行性和先进性，本文在深入研究 IFSF 加油机设备协议的基础上，在 Visual Basic 开发环境下编写基于 IFSF 协议的加油机模拟软件，保证加油机基本加油功能的同时，实现加油机与现场控制器之间的数据通信。

4.1 IFSF 加油机功能需求分析

本文设计开发的基于 IFSF 的加油机模拟软件意在实现一台双面六枪加油机，基本功能需求如下：

1) 双面加油机每个加油面有三条互锁的油枪，即在同一时间只允许一面中的一条枪提枪加油（根据国内实际多枪机设计，每面仅有一个显示屏显示加油金额、加油量等信息）；

2) 每面三条加油枪可配置不同油品号，两面相同逻辑枪号的加油枪对应的油品相同（根据国内实际多枪机设计，两面对等的油枪接入同一油罐）；

3) 模拟加油机面板上能够设置加油机的最大授权时间、最小出油量、最小显示量、实时交易数据发送间隔等加油参数，并保存到加油机数据库，使加油机按照参数设置情况完成加油操作；

4) 模拟加油机能够按照设置的心跳间隔发送 UDP 心跳全网广播；

5) 模拟加油机能够识别 SC 的心跳并将其子网节点号进行本地保存，当超过三倍心跳间隔未收到 SC 心跳时能够主动与其重新建立连接；

6) 模拟加油机采用事件驱动机制，当加油点状态发生改变时能够主动发送 IFSF 消息给 SC；

7) 模拟加油机可工作于两种模式：脱机模式和联机模式。脱机模式下模拟加油机与 SC 断开连接，无需控制便可自行加油，并且在脱机模式下模拟加油机不发送任何消息；联机模式下模拟加油机需要 SC 下发控制指令才能加油，同时启动通讯模块与 SC 进行数据传输；

8) 模拟加油机可采用两种方式加油：PAK 加油和预设加油。PAK 加油即随机加油，也就是提枪授权后的不定量加油；预设加油可预先在 POS 机或加油机面板上设定加油金额/体积，模拟加油机出油到预设值时将自动停止模拟出油的计数器。预设加油值如果同时在 POS 机和模拟加油机操作界面上设置，将以 POS 机

上设置为准；

9) 模拟实现加油机七种状态（中国化后取消暂停启动和暂停加油两种状态）以及状态转换的触发事件；

10) 后台系统发送油品的变价指令，模拟加油机收到该指令后能够及时更新到油品数据库中，并且在模拟加油机界面显示新单价；

11) 模拟加油机受控于 SC，对于停止、上锁、解锁、授权、预设加油等操作能够准确及时地执行。

12) 维护模拟加油机的 UDP 心跳日志、TCP 收发指令日志以及模拟加油机在两种工作模式下的详细加油交易记录以便维护查询。

4.2 IFSF 加油机架构设计

本文在 Visual Basic 开发环境下，设计开发基于 IFSF 协议的加油机模拟软件。加油机操作界面的设计，包括多枪机六把油枪的图标、参数配置区、实时数据显示区、通讯日志、加油量统计、以及为模拟加油过程设置的提枪、开始加油、挂枪等按键。模拟软件架构设计如下图所示，图 4-1 为加油机建立 TCP 连接，接收 IFSF 数据并进行解析与执行的架构设计；图 4-2 为加油机模拟加油操作的流程设计。

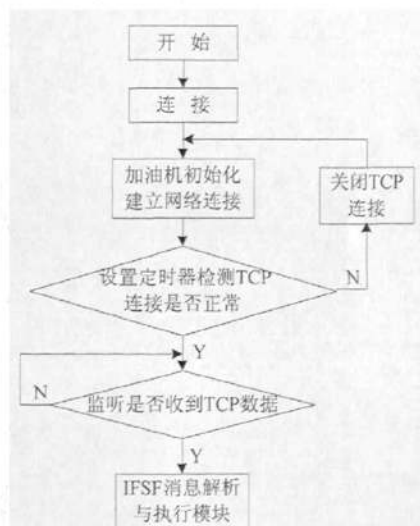


图 4-1 TCP 消息接收架构设计

Fig4-1 Architecture design on reception of TCP messages

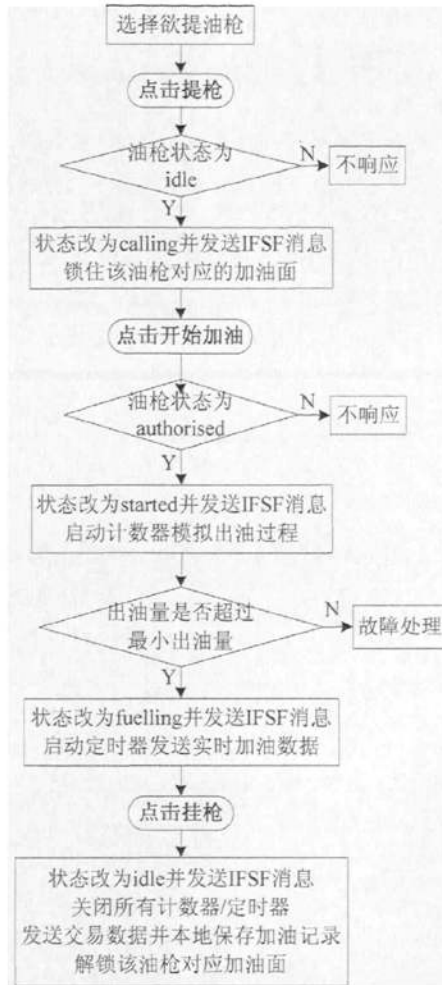


图 4-2 加油流程设计框图

Fig4-2 Diagram of refueling process designed

4.3 IFSF 加油机联网初始化流程

加油机与现场控制器建立连接需要经过初始化。在 IFSF 设备协议研究的基础上结合我国实际应用规定，初始化过程主要分为三步：

1) 初始化第一步，首先加油机发送全网广播（称之为心跳）。心跳消息中包含该设备的 IP 地址、本地 TCP Server 的通讯端口号以及设备类型。

2) 初始化第二步，现场控制器与加油机互相收到心跳后，根据对方心跳中的 IP 地址、Server 端口号信息请求本地 TCP Client 与对方 TCP Server 建立连接。该连接方式是根据中石油加油站管理系统项目讨论的结果而设计，系统 TCP 网络采用双工的通讯方式，服务器端接收 TCP 数据而客户端发送 TCP 数据。

3) 初始化第三步，现场控制器向加油机发送相关数据库的读写指令并开启

加油机。

以上三步完成之后，加油机便能成功连入系统网络并受控，并且在 POS 和 BOS 上均能显示出该加油机的图标。详细的加油机连网初始化流程如图 4-3 所示。

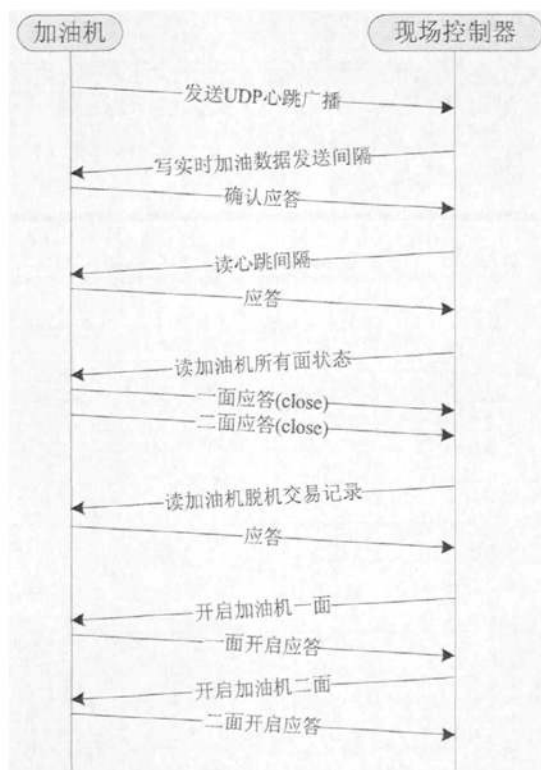


图 4-3 加油机连网初始化流程

Fig4-3 Initialization process of pump networking

加油站管理系统中所有设备都需要发送心跳消息，包括现场控制器，心跳是网络检测新设备的手段。不同的设备类型可以有不同的心跳间隔，因此现场控制器首先需要读取设备心跳间隔，当现场控制器超过三倍心跳间隔时间未收到设备心跳时，就判定设备掉线并在 POS 机上显示相应图标，以便工作人员及时获知室外加油机使用状况。

4.4 IFSF 加油机数据库设计

按照 IFSF 加油机设备协议定义，加油机模拟软件需建立 15 个数据库，在软件中通过 Access 文档实现，这些数据库中的数据元素有配置信息也有命令字，具体数据库说明如下：

1) COMMUNICATION SERVICE DATABASE (00H)

存储加油机通讯协议版本号、子网和节点地址以及心跳间隔等基本信息。

2) CALCULATOR DATABASE (01H)

设置存储加油机工作模式、最大授权时间、最小出油量，最小显示量等加油数据。

3) FUELLING POINT DATABASE (21H、22H)

在 IFSF 加油机设备协议中，加油面数据库地址为 21H-24H，表明 IFSF 协议最多允许 4 面的加油机，而模拟加油机为双面，故只需 21H 和 22H。其中的数据元素包括加油面名称、加油面状态、逻辑油枪状态、预设金额、预设升数、交易序号以及开启、关闭、释放、停止命令字等。

4) PRODUCT DATABASE (41H、42H、43H)

在 IFSF 加油机设备协议中，油品数据库地址为 41H-48H，表明 IFSF 协议最多允许每面 8 条枪，即 8 种不同油品，而模拟加油机为双面六枪加油机每面只有 3 条枪（两面逻辑枪号相同的油枪对应同一种油品），故只需从 41H-43H，其中的数据元素包括油品编号、油品单价等。

5) LOGICAL NOZZLE DATABASE (2111H、2112H、2113H、2211H、2212H、2213H)

在 IFSF 加油机设备协议中，最多允许每面 8 条枪的 4 面加油机，故逻辑油枪数据库地址为 2M11H-2M18H（M=1-4），而模拟加油机为双面六枪加油机，只需从 2N11H-2N13H（N=1-2）。其中的数据元素包括油枪对应的油品号、累计加油量、累计加油笔数、实时加油升数、金额、油品单价等。

6) FUELLING TRANSACTION DATABASE (2121H、2221H)

在 IFSF 加油机设备协议中，最多允许 4 个加油面，故加油交易数据库地址为 2121H-2421H，而模拟加油机为双面，只需 2121H 和 2221H。其中的数据元素包括加油交易序号、交易模式、加油金额、加油升数、油品单价、加油逻辑枪号以及清除交易命令字等。

4.5 IFSF 加油机模拟软件测试

测试 IFSF 加油机模拟软件，首先打开操作界面的配置页完成加油机的基本信息配置，包括子网号、节点号、最小出油量、最大授权时间，最小显示油量等，也可查看数据库内容，配置提交后软件会自动将信息保存到对应数据库中。模拟加油机的 IP 地址即为运行软件的 PC 机 IP，软件通过调用库函数自动获取本地 IP，

并按规定格式封装为加油机心跳。打开操作界面的加油页开始测试，本文取两个典型测试用例对软件进行说明。

4.5.1 软件测试一



图 4-4 测试 1a-加油机模拟软件

Fig4-4 Test1a- pump simulation software

测试一情景描述：模拟加油机在联机模式下，一面 3 号油枪正在加油，实时加油量显示在一面加油信息区；二面 2 号油枪提枪，二面加油信息区显示提起油枪的逻辑节点号、设定的预设值、对应的油品号和油品单价，并且加油金额和升数清零。对模拟加油机软件的实现说明如下：

1) 模拟软件实现双面六枪加油机，同面的三条枪互锁，图 4-4 为一面 3 号枪和二面 2 号枪提起的情形，同面其它油枪置灰表示已被锁住不可操作。当同面三把油枪都空闲时，便可恢复为可操作状态。

2) 选择联机模式后，油机所有油枪图标置灰，代表加油点的关闭状态。点击连接程序开始运行，通过函数获取的本地 IP（即模拟加油机 IP）显示在左下角。

3) 模拟加油机在加油过程中模式选择区置灰，待加油结束转为空闲状态时，模式选择区可自动恢复为可操作。此设计考虑到加油站是在夜间加油时由工作人员将加油机工作模式切换为脱机，必然是在该加油机空闲的时候进行切换，以免数据传输中断导致的不必要麻烦。

4) 软件中加油机出油量是由计数器模拟，而计数器的阈值需要设定。所以软件设计将非定量加油做为加油机的默认加油模式，并将此模式下的计数器阈值设置为 99999。在模拟油机上预设加油时，首先在加油模式区选择定量加油或定额加油，再将预设值输入文本框，预设值将自动下发到随后提起的油枪（根据国内实际多枪机预设机制设计），在该油枪对应面加油信息区显示，此时加油模式区恢复为默认设置非定量加油。

5) 配置油枪首先点击欲配置的油枪图标，此时油枪配置区显示出此油枪的逻辑节点号、对应油品号以及油品单价信息，除逻辑节点号不可修改外，油枪对应的油品可在下拉列表中选择，选好后单价栏自动显示对应油价，也可直接在文本框中修改，填写完毕点击保存设置，油枪对应配置信息便可保存到相应数据库中。此操作没有提枪，油枪同面其它图标不会置灰。

6) 联机模式下加油需要上位系统授权，若此时 nozzle5 提枪后还未被授权便点击开始加油，计数器不能计数并弹出对话框如图 4-5 所示。



图 4-5 测试 1b-加油机模拟软件

Fig4-5 Test1b- pump simulation software

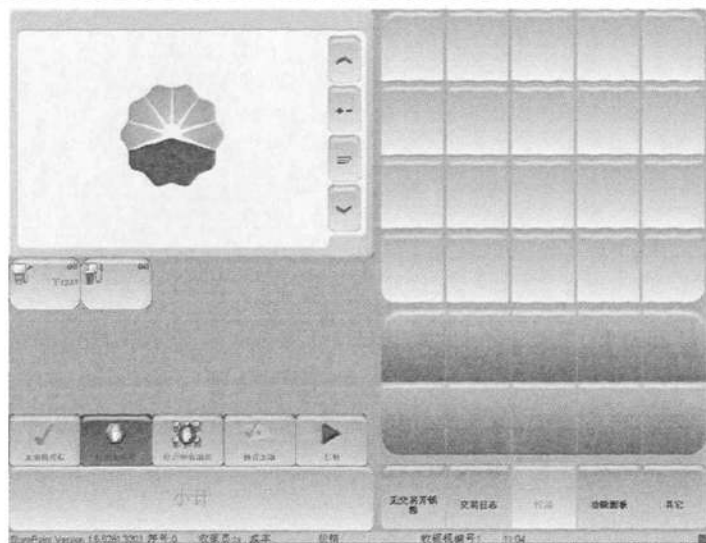


图 4-6 测试 1-POS

Fig4-6 Test1-POS

图 4-6 是测试一对应的 POS 机界面截图，左上角第一个图标代表模拟加油机一面，第二个图标代表模拟油机二面。从 POS 界面上可以看出，一面油机正在加油，实时加油金额为 12.51 元，与图 4-5 模拟加油机界面显示相同；而二面显示有油枪提起，但是此时油机并不能出油，需要 POS 授权，授权方法为依次点击左下角“加油机授权”和欲授权的加油面图标，授权成功将显示已授权状态图标，此时在模拟加油机界面上点击开始加油才能启动计数器模拟出油过程。

4.5.2 软件测试二



图 4-7 测试 2-加油机模拟软件

Fig4-7 Test2-pump simulation software

测试二情景描述：此过程是 nozzle1 已完成一笔加油交易，交易序号为 11 由软件计数；二面 nozzle5 空提挂枪一次后，在 POS 机上向二面预设 12.00 元的加油量，模拟加油机界面的二面加油信息区显示该预设值，此时提二面任一油枪均可加油无需授权，加到 12.00 元时计数器将停止计数。如果而面任一油枪空提挂枪一次，不点击开始加油按键便可自动取消预设值。

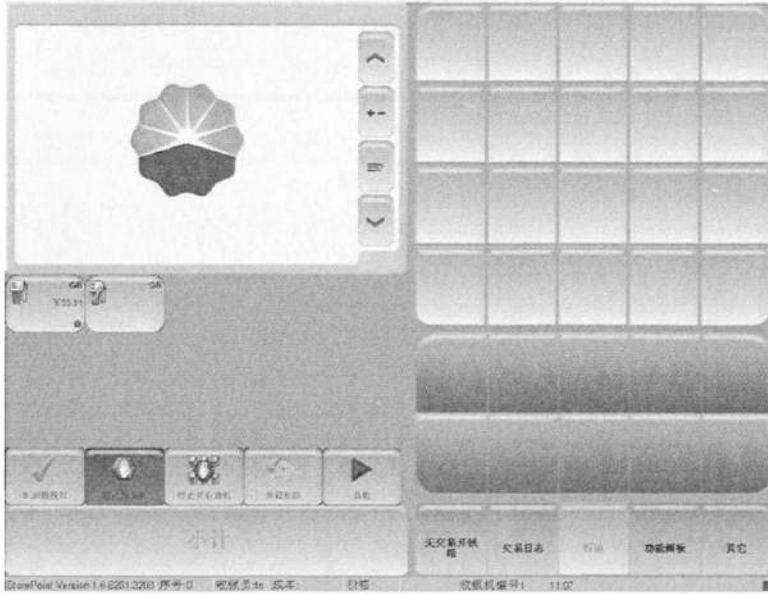


图 4-8 测试二-POS

Fig4-8 Test2-POS

图 4-8 是测试二对应的 POS 机界面截图，图中显示一面已完成一笔金额为 55.61 元的交易，红点表示交易未支付，需要在 POS 机上完成收银操作；二面已完成在 POS 机上的预设操作，方法为依次点击下方“预设加油”和欲设的加油面图标，此时 POS 机会弹出预设界面，选择预设模式（金额/升数）并输入数值便可完成预设操作。预设加油隐含授权命令，预设完成后提起二面任一油枪，点击模拟软件“开始加油”即可出油。

脱机模式下模拟加油机不受控，可自行加油同时不发送任何数据。软件右下角总累查询区，可查询一面和二面的累积加油金额和升数；点击交易记录可查看详细交易记录表，在该弹出页面还可进行记录筛选，可具体到某条枪、某种油品或者某笔交易。

为测试 IFSF 加油机在 IFSF 架构中工作的稳定性，软件增加定时器，通过定时调用函数来实现联机模式下加油机连续加油 100 笔，测试过程中未出现故障，核实 100 笔交易记录数据也准确无误，在此不做赘述。

4.5.3 日志维护

模拟 IFSF 加油机还需要建立 UDP 心跳日志和 TCP 应用日志, 便于软件调试和维护。心跳日志记录收到和发送的心跳消息; 应用消息需记录收到和发送的 TCP 消息。日志记录内容包括时间、方向、消息长度以及消息内容, 日志截图如下所示。

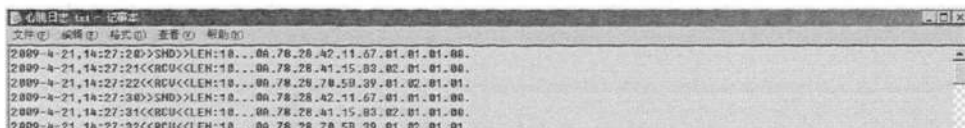


图 4-9 模拟加油机心跳日志

Fig4-9 Heartbeat log of pump simulated

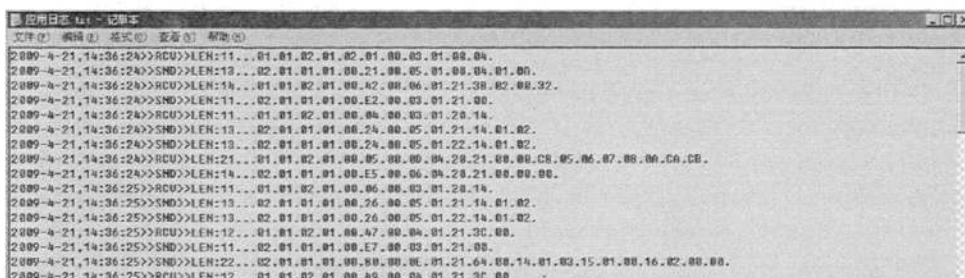


图 4-10 模拟加油机应用日志

Fig4-10 Application log of pump simulated

4.6 本章小结

为验证 IFSF 架构在我国的适用性和稳定性, 本文开发了基于 IFSF 协议的加油机模拟软件。本章主要介绍了该软件的开发及测试过程, 通过模拟软件测试证明, 论文提出采用对等模式的 IFSF 标准架构确实能够解决国内目前前庭设备连接方式的弊端, 避免了在主从模式中由 FCC 造成的单点故障和系统延迟等问题, 基于中国化 IFSF 协议的模拟加油机能够在 IFSF 架构中高效稳定运行。

第 5 章 嵌入式加油机 PCD 软件设计

通过开发基于 IFSF 协议的加油机模拟软件测试验证，对等模式 IFSF 架构能够有效解决前庭控制器连接方式造成的单点故障以及系统延迟等问题。然而，我国的加油站管理系统网络遍及中石油全国范围内近两万座加油站，并且加油站设备繁多仅加油机就多达十几万台。因此，在短期内我国不可能立即更换 IFSF 设备全面实现 IFSF 架构。鉴于以上考虑，论文提出取消 FCC，在设备内部嵌入协议转换器（Protocol Converter Device，简称 PCD），每个协议转换器对应一块设备通讯主板，使主从模式的前庭控制器架构能够逐步过渡到对等模式的 IFSF 架构。本文以加油站的主要设备加油机为研究对象，针对某一品牌加油机开发嵌入式 PCD 应用软件，验证过渡方案的可行性。考虑到过渡方案的紧迫性以及开发成本与收益情况，论文选择购买嵌入式开发板，仅开发 PCD 应用软件实现 IFSF 加油机改造。

5.1 PCD 软件功能需求

根据加油站管理系统的具体要求，嵌入式加油机 PCD 软件需要实现的功能说明如下：

1) 每隔一定时间自动发送 UDP 心跳消息，心跳消息中包含该设备的 IP 地址、本地 TCP Server 的通讯端口号以及设备类型。心跳消息的发送是为使 SC 能够识别该设备并将其添加到网络中使其受控；

2) 实现加油机的 IFSF 数据库定义；

3) 每隔一定时间询问加油机状态，并将状态信息存储到 IFSF 加油机数据库中，当检测到加油机状态改变时需要发送 IFSF 消息告知 SC，使室内管理员能够看到室外加油机的实时状态；

4) SC 通过以太网口对加油机下发的指令需通过 PCD 进行解析，再封装成加油机私有协议数据帧格式通过串口发送给加油机，同样加油机串口发出的数据也必须通过 PCD 进行解析，再封装成 IFSF 帧格式通过以太网口上传给 SC；

5) 缓存加油机数据，使管理员能够通过 PC 机 Web 浏览器访问 PCD，查询加油机的实时数据信息，包括油枪状态、油品号、加油累计量、加油累计金额等；

6) 设置加油交易缓冲区，按照 IFSF 协议只有当加油交易缓冲区处于已清除状态时，才可以开始新的加油交易；

7) 维护心跳日志和通信日志, 包括收发指令的时间、方向、长度以及内容, 便于错误分析和维护, 并能够通过嵌入式开发板上的 USB 主口拷贝加油机运行的日志文件;

8) 具有重发机制, 当网络不畅通或者消息发送失败时, 将待发消息临时保存, 每隔一段重发时间发送一次消息, 重发次数超过设置的最大重发次数时, 抛弃待发消息, 返回发送失败通知;

9) 开发动态 Web 实现加油机通讯参数、加油机协议版本号、逻辑节点号以及最小出油量、最大授权时间等数据的配置。

下图为典型的油品交易流程, 此流程图详细说明了 PCD 在加油机与 SC 之间的作用, 即 PCD 的通讯模块需要实现的基本功能。Fuel Server (油品服务器) 是运行在 BOS 中的数据处理软件, 该软件能够提取 IFSF 消息的有效信息并在 POS 机界面加以显示, 这种可视化处理使收银员对室外加油机的状态监控和操作更为简便。

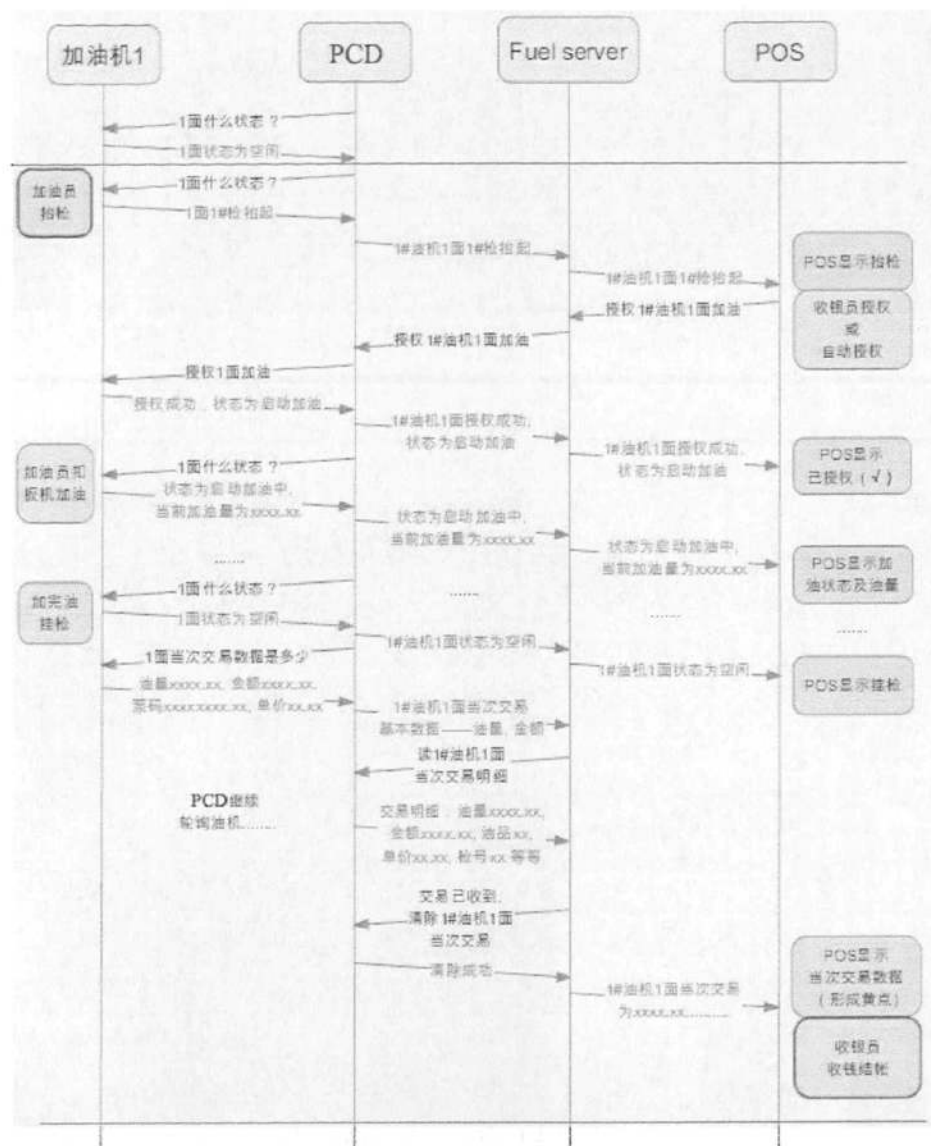


图 5-1 油品交易流程

Fig5-1 Petroleum trading process

5.2 PCD 硬件支持

5.2.1 ARM 处理器选型

综合比较各处理器特点，最终选择基于 ARM9 微处理器的嵌入式开发板，主要考虑到 ARM9 处理器具有以下显著特点^[33]：

- 1) 5 级流水线。ARM9 处理器采用取指、译码、执行、缓冲、回写的 5 级流水线设计，每一个时钟周期内可以同时执行 5 条指令，大大提高了处理器的性能。
- 2) 采用哈佛结构。哈佛结构具有分离的数据和程序空间以及分离的访问总

线，哈佛结构在执行指令时，取值和取数可以并行，具有更高的执行效率。

3) 引入高速缓存和写缓存。一般来说处理器的处理速度远远高于存储器的访问速度，当存储器访问成为系统性能的瓶颈时，处理器再快也无法发挥作用。而 ARM9 中引进了高速缓存和写缓存，就可以很好的解决这个问题，他们存储了最近常用的代码和数据，以供 CPU 快速存储。

4) 支持 MMU。MMU 是存储器管理单元的缩写，用来管理虚拟内存系统的器件。MMU 通常是 CPU 的一部分，本身有少量存储空间存放从虚拟地址到物理地址的匹配表。所有数据请求都送往 MMU，由 MMU 决定数据是在 RAM 内还是在大容量存储器设备内。如果数据不在存储空间内，MMU 将产生页面错误中断。拥有了 MMU 就能真正实现内存保护，使 ARM9 具有更强的稳定性和可靠性。

5.2.2 开发板选型

作为 PCD 应用软件的载体，本文选择基于 arm9 的 YC2440 开发板，Linux 内核版本为 2.6.24。操作系统 utu Linux 是基于 linux 2.6 内核，针对 ARM 框架 CPU 移植的嵌入式 linux 操作系统，针对有 S3C2410、S3C2440、PXA270 等不同的 CPU 版本，utu Linux 稳定可靠，已经在很多客户的批量产品上实践验证，广受好评。

开发板具体资源情况如下：

- 1) S3C2440A:32bit ARM920T 内核，标称工作频率：400MHz；
- 2) 系统时钟：内部 PLL 产生 400MHz CPU 内核工作频率，外部总线频率：100~133MHz；
- 3) LCD 控制器：CPU 内置 STN/CSTN/TFT LCD 控制器，支持 1024*768 分辨率以下的各种液晶；
- 4) 触摸屏控制器：CPU 内置 4 线制电阻式触摸屏控制器；
- 5) 100MHz 以太网控制器；
- 6) 1 通道 5 线制串口，2 通道 3 线制串口；
- 7) 4 通道 USB1.1 主机接口；
- 8) 1 通道 USB1.1 设备接口；
- 9) SD/MMC 卡接口；
- 10) 音频输入输出接口；

- 11) LCD 接口，可接 3.5 寸/7 寸/4.3 寸/2.8 寸/10 寸等等尺寸 TFT 真彩液晶屏；
- 12) 专用复位电路；
- 13) 触摸屏控制器；
- 14) RTC 实时时钟及大容量后备锂电池；
- 15) 标准 20pin JTAG 调试接口；
- 16) 4 只自定义功能 LED 指示灯；
- 17) 电源指示灯；
- 18) 6 只自定义按键，用户可以组合为“上”“下”“左”“右”“确认”“取消”6 个常见功能键；
- 19) 电源开关；
- 20) 复位按键；
- 21) SPI 接口；
- 22) 标准配置 64MBytes Nand-Flash；
- 23) 标准配置 64MBytes SDRAM；
- 24) 5V 电源；
- 25) 支持的操作系统：WINCE /Linux。

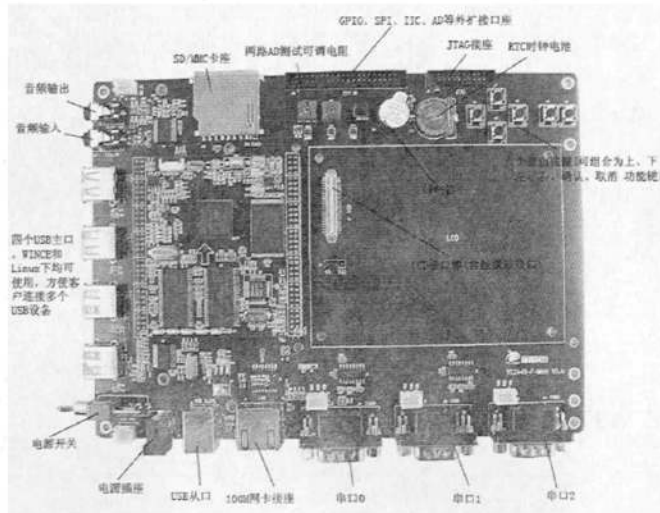


图 5-7 基于 ARM9 的 YC2440 开发板

Fig5-7 Development board of YC2440 based on arm9

5.3 PCD 软件模块设计

基于以上功能需求，PCD 软件模块设计如图 5-2 所示。设计中将 PCD 软件划分为五个模块：串口通信模块、以太网通信模块、协议转换模块、监控及数据缓存模块、配置及维护管理模块。

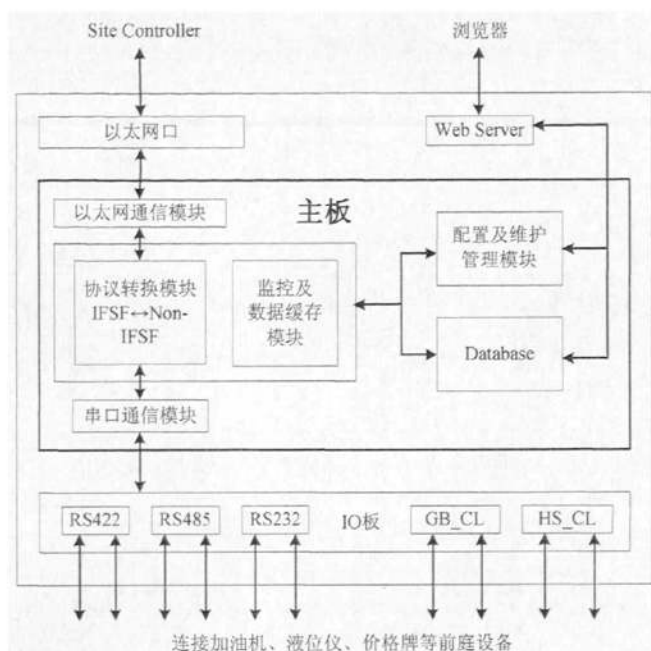


图 5-2 PCD 软件模块设计

Fig5-2 Module design on PCD software

加油机串口与 PCD 外设串口连接，加油机串口发出的私有协议指令通过协议转换模块解析为 IFSF 协议指令，并将解析出的指令缓存到监控及数据缓存模块，再通过以太网口发送到网络中。以太网收到 IFSF 指令同样经过解析后缓存从串口发送出去。收到消息中的有效信息需要及时更新到加油机数据库中。

5.3.1 串口通信模块工作流程

串口通信模块负责与加油机串口的通讯任务。程序运行后，首先读入配置文件中的相关信息以确保串口收发数据正确。配置文件的主要内容有逻辑节点号、串口参数（波特率、奇偶校验、数据位、停止位）等。当加油机串口发送数据时，如果网络不畅通，暂时把数据存放在 PCD 中，采用临界区互斥技术存储，以防止到达延迟时间后建立新的进程上传数据时产生冲突。串口通信模块工作流程如图 5-3 所示。

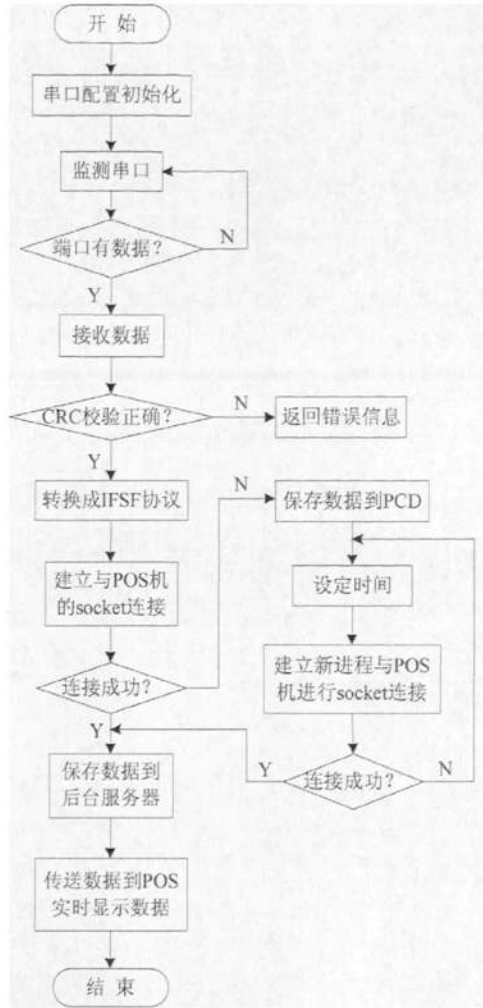


图 5-3 串口通信模块工作流程

Fig5-3 Process of serial port communication module

5.3.2 以太网通信模块工作流程

在嵌入式Linux下，TCP/IP 通讯采用的是客户端/服务器模式，其中套接字有3种类型：数据流套接字、数据包套接字和原始套接字。一般采用的是面向连接的数据流套接字（socket套接字）。当检测到局域网口有数据时，首先根据消息中的设备逻辑节点地址判断是否是发送给自己的，如果是则先由PCD接收并对控制命令进行解析，封装成所连接加油机私有协议的数据帧格式，如果数据出现错误则要求POS机进行重发，超过设定重发次数，返回错误信息，如果能够正确接收，则加油机执行相应的命令。以太网通讯模块工作流程如图5-4所示。

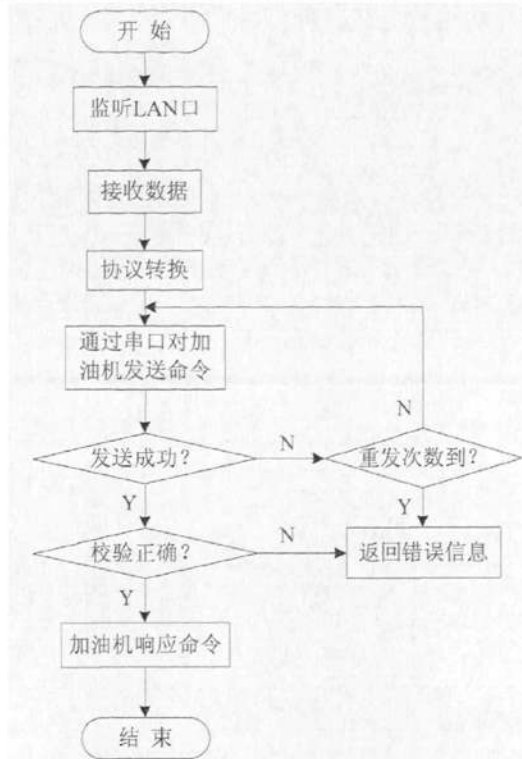


图 5-4 以太网通信模块工作流程

Fig5-4 Process of Ethernet communication module

5.3.3 协议转换模块工作流程

SC通过以太网口对加油机下发的指令需通过PCD进行解析,再封装成加油机私有协议数据帧格式通过串口发送给加油机,同样加油机串口发出的数据也必须通过PCD进行解析,再封装成IFSF帧格式通过以太网口上传给SC,工作流程如图 5-5所示。

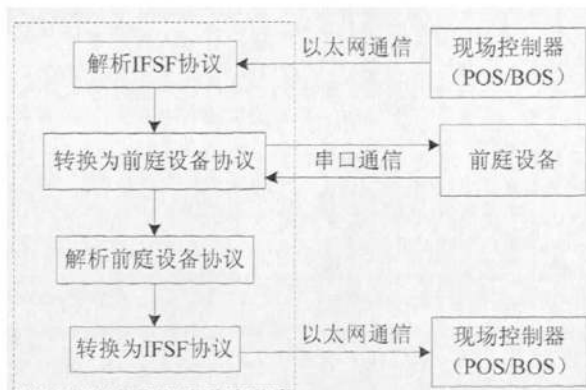


图 5-5 协议转换模块工作流程

Fig5-5 Process of protocol conversion module

5.4 PCD 软件架构设计

同一个计算机系统中如果允许两个或两个以上的进程处于运行状态，这便是多任务。现代的操作系统几乎都是多任务操作系统，能够同时管理多个进程的运行。一个 CPU 只能分配给一个进程，运行多个进程，就必须使用并发技术。实现并发技术相当复杂，最容易理解的是“时间片轮转进程调度算法”，它的思想是：在操作系统的管理下，所有正在运行的进程轮流使用 CPU，每个进程允许占用 CPU 的时间非常短（比如 10 毫秒），这样用户根本感觉不到 CPU 是在轮流为多个进程服务，就好象所有的进程都在不间断地运行一样。但实际上在任何一段时间内有且仅有一个进程占有 CPU。

实现多任务的方法有两种，多线程和多进程。在多进程中，有许多进程同步执行，而各个进程有自己的编码和数据段。由于进程需要使用较多系统的资源，又将其称为重量进程。而多线程为多个控制台线程同时执行，而属于同一个程序的线程间会共享编码和数据段，因为线程会使用较少的系统资源，有时我们将之称为轻量进程。这两种技术的区别简言之，一个程序至少有一个进程，一个进程至少有一个线程。本文对两种技术的优缺点进行比较，结果如下表所示。

表 5-1 多进程与多线程比较

Tab5-1 Comparison of multi-thread and multi-process

对比维度	多进程	多线程	结论
数据共享/同步	数据共享复杂，需要用 IPC；数据分离，同步简单	共享进程数据，但也因此导致同步复杂	各有优势
内存/CPU	占用内存多，切换复杂，CPU 利用率低	占用内存少，切换简单，CPU 利用率高	线程占优
创建销毁/切换	创建销毁、切换复杂，速度慢	创建销毁、切换简单，速度很快	线程占优
编程/调试	编程简单，调试简单	编程复杂，调试复杂	进程占优
可靠性	进程间不会互相影响	一个线程挂掉将导致整个进程挂掉	进程占优
分布式	适应于多核、多机分布式；如果一台机器不够，扩展到多台机器比较简单	适应于多核分布式	进程占优

从上表的对比情况来看，为使 PCD 应用软件编写简单，并确保软件能稳定运行，论文选择使用多进程技术，通过创建子进程来完成软件的任务分工。具体子进程的创建方法将在软件实现部分详细介绍。

下图为本文设计的 PCD 软件架构，图中“父”代表父进程，“子”代表子进程。

主程序创建了五个子进程和一个孙进程，具体任务分工情况如下：

父进程：父进程也就是主程序按照加油机的建议时间间隔向共享内存存放一次询问加油机状态的指令；

子进程 1：根据系统规定每隔十秒发送一次 UDP 心跳消息（十秒的时间间隔为我国加油站管理系统项目讨论决定）；

子进程 2：PCD 与加油机的通讯模块，负责读串口。当检测到有可读信息时读取信息，将加油机私有协议指令解析为 IFSF 数据帧格式，并将解析后的指令存放在共享内存中；

子进程 3：PCD 与 SC 的通讯模块，负责接收心跳。当第一次收到 SC 的心跳时，建立 TCP client，创建孙进程 1，子进程 3 继续接收心跳。

子进程 4：PCD 与 SC 的通讯模块，负责监听 TCP 服务器端口。当收到数据时进行协议转换，将 IFSF 指令解析为加油机数据帧格式，并将解析后的指令放到共享内存中；

子进程 5：PCD 与加油机的通讯模块，负责写串口（即向串口发送数据）。当检测到共享内存有向加油机发送的数据时就通过串口发送该消息；

孙进程 1：PCD 与 SC 的通讯模块。当检测到共享内存有向 SC 发送的数据时就通过以太网口发送该消息。

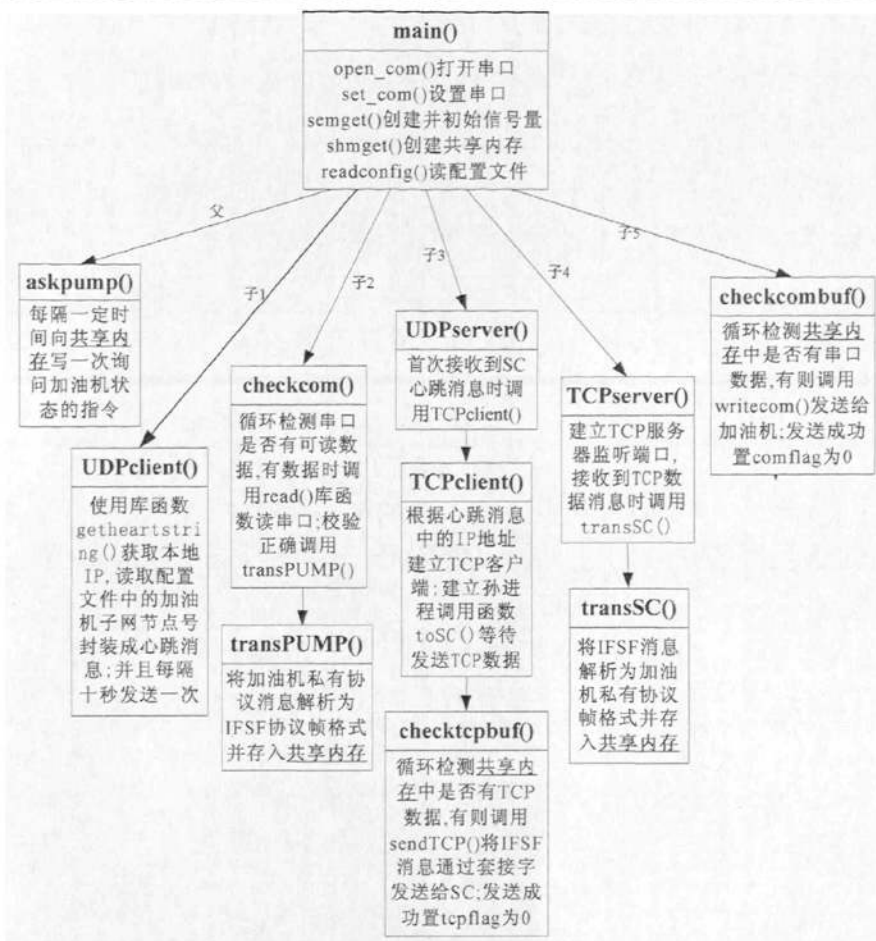


图 5-6 PCD 软件架构设计

Fig5-6 Architecture design on PCD software

5.5 PCD 软件开发工具搭建

5.5.1 交叉编译器 GCC

由于宿主机和目标机的体系结构不同，在宿主机 X86 上可以运行的程序在目标机 ARM 平台上无法运行，因此嵌入式软件开发采用交叉编译方式在一个平台上生成可以在另一个平台上执行的代码。进行交叉编译的主机成为宿主机，也就是普通的通用计算机，宿主机系统资源丰富，方便集成开发环境和调试工具等。程序实际的运行环境称为目标机，也就是嵌入式系统环境。嵌入式系统的系统资源非常紧缺，存储空间、处理器运行速度等都很有有限，并且没有相关的编译工具，因此，嵌入式系统的开发需要借助宿主机来编译出目标机的可执行文件。

Linux 系统下的 GCC (GNU C Compiler) 是 GNU 推出的功能强大、性能优

越的多平台编译器，是 GNU 的代表作品之一。gcc 是在多种硬体平台上编译出可执行程序的超级编译器，其执行效率与一般的编译器相比平均效率要高 20%~30%。

虽然我们称 GCC 是 C 语言的编译器，但使用 GCC 由 C 语言源代码文件生成可执行文件的过程不仅仅是编译的过程，而是要经历四个相互关联的步骤：预处理（也称预编译，Preprocessing）、编译（Compilation）、汇编（Assembly）和连接（Linking）。GCC 编译器能将 C、C++ 语言源程序、汇程式化序和目标程序编译、连接成可执行文件，如果没有给出可执行文件的名字，GCC 将生成一个名为 a.out 的文件。

本文购买的扬创开发板厂商提供了三个版本的 GCC，有 3.3.2、3.4.1 和 2.95.3。而 3.3.2 版本的 GCC 既能支持 Linux2.4 版本的内核，也能支持本开发板 Linux2.6 的内核。因此只需解压 arm-linux-gcc-3.3.2.tar.bz2 并添加路径即可完成安装。本文在运行 Windows 操作系统的 PC 机中安装 Linux 系统虚拟机，交叉编译环境具体搭建步骤如下：

1、拷贝文件到 Linux 系统虚拟机

通过虚拟机共享机制使 Windows 系统下 E:\PCD 目录链接到 Linux 系统下 /mnt/hgfs/PCD 目录，将 gcc 压缩包拷贝到 Windows 系统下 E:\PCD 文件夹，进入虚拟机终端，打开 /mnt/hgfs/PCD 目录便可看到 gcc 压缩包。

2、解压缩

在 arm-linux-gcc-3.3.2.tar.bz2 文件目录下运行命令解压缩交叉编译器。

```
# mkdir /usr/local/arm  
# tar -xjvf arm-linux-gcc-3.3.2.tar.bz2 -C /
```

3、添加路径到 PATH 环境变量

运行命令 gedit /etc/bashrc 修改 bashrc 文件，在最后加上一行 PATH=\$PATH:/usr/local/arm/3.3.2/bin，保存后关闭。

重新打开终端，输入命令 arm-linux-gcc --version 后能显示版本则交叉编译环境已经搭建完成，需要注意不同版本的交叉编译器不能同时使用，当使用其中一个时，要将另外的 PATH 删除。

5.5.2 NFS 文件系统

Linux 系统核心支持多种文件系统类型，包括 jfs、ReiserFS、ext、iso9660、

xfst、minx、Hpfs、Vfat、NFS 等。本文使用 NFS 文件系统来实现虚拟机与开发板的文件共享。

NFS 文件系统是指网络文件系统，这种文件系统也是 Linux 的独到之处。它可以很方便地在局域网内实现文件共享，并且使多台主机共享同一主机上的文件系统^[36]。而且 NFS 文件系统访问速度快，稳定性高，已经得到了广泛的应用，尤其在嵌入式领域，使用 NFS 文件系统可以很方便地实现文件本地修改，而免去了一次次读/写 flash 的忧虑。使用 NFS 文件系统共享文件，首先要在 linux 开发板上建立 NFS（网络文件系统）服务器，具体建立步骤如下：

1、新建目录

```
# mkdir /utuLinux2.6.24
```

2、解压缩

运行指令将开发板根文件系统（开发板附带）释放到新建目录中：

```
# tar -xjvf s3c2440_recover.20090303.tar.bz2 -C /utuLinux2.6.24/
```

3、修改配置

确认已经在 Linux 操作系统上安装好了 nfs 软件，并确保 NFS 服务正常启动运行后，运行命令 `gedit /etc/exports` 对 nfs 服务的配置文件进行修改，添加内容：

```
/utuLinux2.6.24/s3c2440_recover *(rw, sync, no_root_squash)
```

其中 `/utuLinux2.6.24/s3c2440_recover` 代表要作为 YC2440 根文件系统的共享目录；`*` 代表所有的客户机都可以挂接此文件系统；`rw` 代表客户机以读写许可来挂接它们的根文件系统；`no_root_squash` 选项允许客户机以主机上的 `root` 身份挂接根文件系统。

5.6 PCD 软件开发相关技术介绍

5.6.1 共享内存创建与映射

共享内存从字面意义解释就是多个进程可以把一段内存映射到自己的进程空间，以此来实现数据的共享以及传输，因为数据不需要在客户进程和服务器进程之间复制，所以这是最快的一种 IPC。

使用共享内存区的一般流程：

1) 创建共享内存

```
int shmget (key_t key, size_t size, int oflag) ;
```


2) 将共享内存附接到调用进程的地址空间

```
void * shmat (int shmid,const void * shmaddr,int flag) ;
```

3) 对共享内存进行操作

4) 切断共享内存区本进程地址空间的联系

```
int shmdt (const void * shmaddr) ;
```

5) 拆除共享内存区

```
int shmctl (int shmid, int cmd,struct shmid_ds *buff) ;
```

下面是子进程 1 把内存映射到自己进程空间的代码:

```
//父进程创建共享内存
```

```
if((shmid = shmget(IPC_PRIVATE,1024*3,0600)) == -1)
    { fprintf(stderr,"Create Share Memory Error:%s\n\a",strerror(errno));
      exit(1);
    }
}
```

```
//子进程 1 映射共享内存
```

```
if((sharebuff1=(struct sharebuf*)shmat(shmid,0,0))==(void *)-1)
    perror("shmat child1 error");
```

PCD 软件创建的每个进程都需要操作共享内存,这就涉及到进程互斥与同步的问题。当一个子进程在向共享内存进行操作时应该锁住共享内存不允许其他进程进行操作,操作结束后解锁释放对共享资源的控制,为此引入信号量。

5.6.2 信号量同步技术应用

信号量是一个计数器的值,它可以被几个进程作为一个集合以原子方式执行。信号量的作用是在两个或多个进程访问公共资源集时保持同步。

为了获得共享资源,进程需要执行下列操作:

1) 测试控制该资源的信号量。

2) 若此信号量的值为正,则进程可以使用该资源。进程将信号量值减 1,表示它使用了一个资源单位。

3) 若此信号量的值为 0,则进程进入休眠状态,直至信号量值大于 0,进程被唤醒后,它返回至第 1) 步。

程序中使用一个信号量,初始化为 1,表示共享资源未被占用。当一个进程操作共享内存时,先锁住信号量,操作结束后释放信号量,使得其它进程可以读

写共享内存，实现同一时间只允许一个进程操作共享内存，下面是一段 PCD 程序中使用信号量操作共享内存的代码：

```

semid = semget(IPC_PRIVATE,1,IPC_CREAT|IPC_EXCL|0600);
//创建信号量
sebuf.val = 1; //初始化信号量为 1，表示当前可用
semctl(semid,0,SETVAL,sebuf); //设置生效
semstate= semctl(semid,0,GETVAL,0); //获取当前信号量值
while(semstate!=1) //循环检测直到信号量为 1 可操作是跳出
{
semstate=semctl(semid,0,GETVAL,0);
if(semstate==1)
break;
}
locksem(semid); //锁住信号量，将 semstate 值减 1
for(i=0;i<100;i++) //子进程 1 操作共享内存
{sharebuff1->trade[i].cflag=0;}
sharebuff1->sendbuff.pumpnode=pnode;
unlocksem(semid); //解锁信号量，将 semstate 值加 1

```

5.6.3 make 工程管理器应用

由于嵌入式软件开发过程中经常需要对文件交叉编译，而每次输入 gcc 编译语句的工作相对繁琐，同时大大降低工作效率，因此为方便调试软件开发中还编写了 makefile 文件，编译时只需输入执行 makefile 文件的指令即可。make 工程管理器是个自动编译管理器，能够根据文件时间戳自动发现更新过的文件而减少编译的工作量，同时，它通过读入 makefile 文件的内容来执行大量的编译工作。

1) 编译文件后保存为 makefile,下面是文件内容：

```

CROSS=arm-linux-
all: main
main:
$(CROSS)gcc -o main main.c -Wall
clean:
@rm -vf main *.o *~

```

2)将该 makefile 文件拷贝到 PC 机 E:\PCD\,这时我们在虚拟机/mnt/hgfs/PCD

目录下就能找到该文件，实现简单编译：

```
# make //此处只需要编译一个的.c 文件，make 指令与 make main 指令效果  
相同，相当于指令 arm-linux-gcc main.c -o main
```

```
# make clean //清除所有可执行文件
```

5.7 PCD 软件交叉编译与下载运行

嵌入式应用程序编辑完成首先需要经过交叉编译，再将编译生成的可执行文件下载到开发板运行。嵌入式软件的交叉编译与运行步骤说明如下：

1、PC 机与虚拟机文件链接

通过虚拟机共享机制使 Windows 系统下 E:\PCD 目录链接到 Linux 系统下的 /mnt/hgfs/PCD 目录，将编辑完成的主程序 main.c 拷贝到 PC 机 E:\PCD 目录下，此时虚拟机/mnt/hgfs/PCD 目录下显示 main.c 文件，并可对其进行操作。

2、配置 nfs 服务器端

在虚拟机终端配置 nfs 服务器，包括共享的目录名称、共享的主机以及读写权限。配置方法首先输入命令 vi /etc/exports 修改 exports 文件，添加语句 /home/test 10.120.40.6 (rw,no_root_squash,sync)，表示在网络中共享虚拟机 /home/test 目录，括号中内容为读写权限设置，保存后关闭；配置完成运行以下命令重启 nfs 服务。

```
# /etc/rc.d/init.d/portmap start
```

```
# /etc/rc.d/init.d/nfs start
```

3、配置 nfs 客户端

通过 PC 机使用 telnet 命令远程登录开发板，运行以下指令挂载虚拟机/home/test 目录到开发板/mnt 目录，完成虚拟机与开发板的共享。

```
# mount -t nfs 10.120.40.6:/home/test /mnt -o nolock
```

4、拷贝文件

为使文件共享更加安全可靠，在虚拟机终端运行以下指令将虚拟机目录 /mnt/hgfs/PCD 中所有文件复制到虚拟机与开发板的共享目录/home/test 下。

```
# cp -a /mnt/hgfs/PCD/* /home/test
```

5、交叉编译

打开共享目录，运行以下指令使用 gcc 编译器将 C 语言编辑的程序文件交叉编译生成可执行文件 main；

```
# arm-linux-gcc main.c -o main
```

6、可执行文件下载

使用以太网线直连 PC 机和开发板，进入命令提示符使用 telnet 命令登录开发板，运行以下指令将虚拟机上的共享目录挂载到开发板/mnt 目录下：

```
# mount -t nfs 10.120.40.6:/home/test /mnt -o nolock
```

7、运行程序

使用 telnet 命令登录开发板，输入以下命令进入/mnt 目录运行程序。

```
# cd /mnt
```

```
# ./main
```

为防止程序丢失，在程序调试成功后我们还需要将程序代码烧入目标板的非易失性存储器（如 ROM 或 flash）中，并使其在真实的硬件环境上运行。同时，PCD 嵌入加油机工作，对于用户来说就相当于一台遵循 IFSF 协议的加油机，因此，我们需要将 PCD 应用程序设置为开机自动运行，使加油机上电后就能立即与 SC 建立连接进行数据通讯。

PCD 软件的固化过程首先启动 nfs 服务器，运行以下指令将可执行文件烧写到开发板 flash 中，其中 main 为编译好的可执行文件，在 nfs 挂载的文件夹根目录下：

```
#mount /dev/mtdblock2 /mnt
```

```
#cp /main /mnt
```

```
#umount /mnt
```

运行指令 vi /etc/init.d/rcS 使用 vi 编辑器编辑 rcS 文件，在文件末尾添加以下语句后保存退出，即可实现 PCD 软件在加油机上电后自动运行。

```
mount /dev/mtdblok2 /mnt
```

```
./mnt/main
```

5.8 PCD 软件功能测试

软件编译完成后烧到开发板 FLASH 中，并设置开机自动运行即完成了传统加油机到 IFSF 加油机的改造。本文将嵌入式 PCD 嵌入中石油使用最多的郑州正星牌加油机，使该传统加油机能够与现场控制器进行数据通讯，应用环境如图 20 所示。

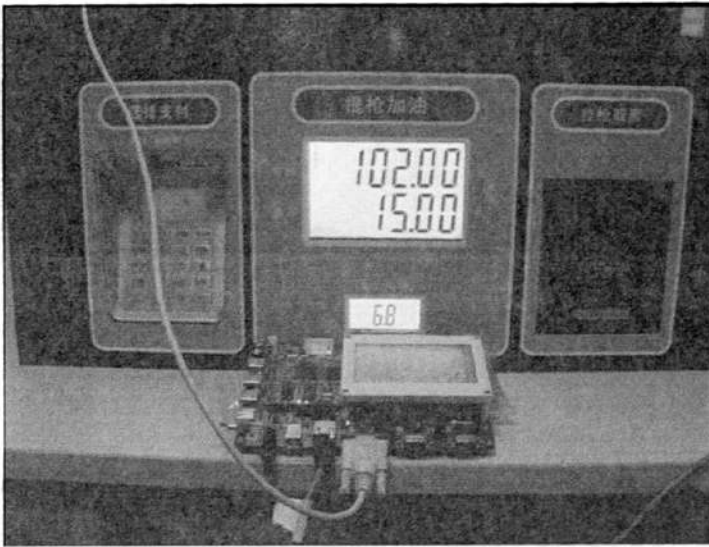


图 5-8 嵌入式 PCD 应用环境

Fig5-8 The application of PCD embedded

对改造后的加油机进行系统测试，测试结果如下：

1) SC 能够实时监控加油机的工作状态，测试流程如下图所示。

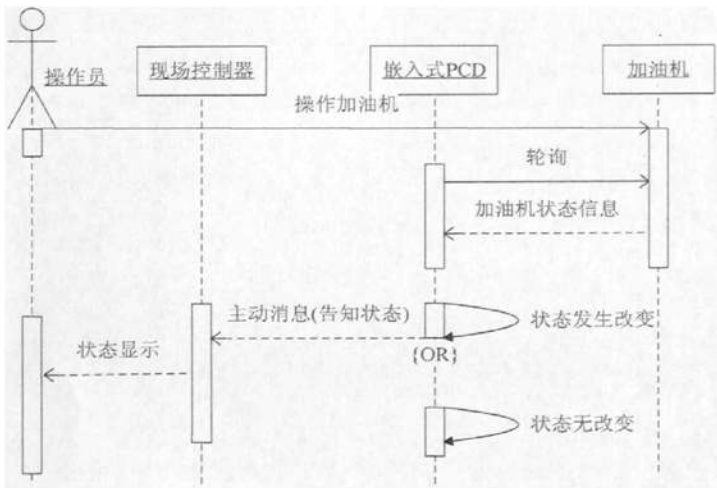


图 5-9 实时状态监控测试流程

Fig5-9 Test for monitoring real-time status

2) 经过多组随机加油操作验证 PCD 工作稳定，能够及时准确地完成加油机与 SC 之间的协议转换工作，加油流程与加油机状态转换机制符合 IFSF 标准。

3) SC 多次下发油品变价指令，加油机均能正确执行，新单价更新到数据库并在加油机显示屏上提示油价已改变。

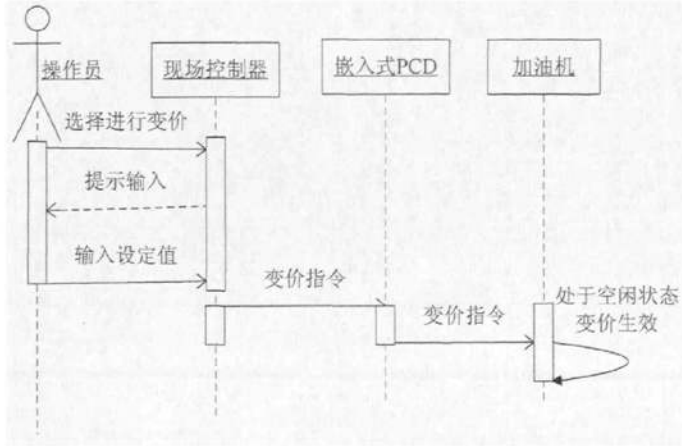


图 5-10 油品变价测试流程

Fig5-10 Test for changing petroleum price

4) 经过多组预设体积/预设金额加油操作验证，加油机能够正确执行 SC 下发的定量加油，出油量达到设定值时油泵自动停止。测试流程与油品变价类似。

5) 异常测试。通讯中断网线，在系统识别到掉线之前再次连接网线，未发送的消息仍能继续发送，系统运行正常未发生混乱或其它错误现象。

测试嵌入式加油机 PCD 协议转换功能的实现，本文以中石油应用最广泛的郑州正星牌加油机为研究对象，其私有协议指令与 IFSF 协议指令转换的对应情况如表 5-2 所示。

表 5-2 嵌入式加油机 PCD 协议转换功能实现

Tab5-2 Achievement on protocol conversion of PCD embedded into pump

	SC->PCD	PCD->加油机	加油机->PCD	PCD->SC
轮询状态	01 01 02 01 00 04 00 03 01 21 14	fc 0D 01 0C		
油机状态 (空闲)			fc 0D 01 73 7F	02 01 01 01 00 80 00 0E 01 21 64 00 14 01 03 15 01 00 16 02 00 00
油机状态 (提枪)			fc 0D 01 F4 F8	02 01 01 01 00 80 00 0E 01 21 64 00 14 01 04 15 01 03 16 02 00 00
油机状态 (加油中)			fc 0D 01 F8 F4	02 01 01 01 00 80 00 0E 01 21 64 00 14 01 08 15 01 03 16 02 00 00
油机状态 (授权)			fc 0D 01 65 69	02 01 01 01 00 80 00 0E 01 21 64 00 14 01 05 15 01 03 16 02 02 01
SC 授权	01 01 02 01 00 4E 00 08 01 21 1E 02 02 01 3E 00	fc 06 01 07		

回复			fc 06 01 F6 F1	02 01 01 01 00 EE 00 03 01 21 00 02 01 01 01 00 80 00 0E 01 21 64 00 14 01 06 15 01 03 16 02 02 01
定量 (2 升)	01 01 02 01 00 4B 00 0F 01 21 1C 05 06 00 00 02 00 1E 02 02 01 3E 00	fc 02 01 00 02 00 01 11 11 00		
回复			fc 02 01 05 BB BD	02 01 01 01 00 EB 00 03 01 21 00
定额 (10 元)	01 01 02 01 00 4B 00 0F 01 21 1B 05 06 00 00 10 00 1E 02 02 01 3E 00	fc 01 01 00 10 00 00 11 11 10		
回复			fc 01 01 25 BB 9E	02 01 01 01 00 EB 00 03 01 21 00
设置单价 (5.5 元)	01 01 02 01 00 4B 00 0D 06 61 00 00 00 10 11 02 04 04 00 05 50	fc 03 01 05 50 57		
回复			fc 03 01 63 BB DA	02 01 01 01 00 EB 00 08 06 61 00 00 00 10 11 00
取消授权/停 止加油	01 01 02 01 00 5F 00 04 01 21 3F 00	fc 05 01 04		
回复			fc 05 01 63 67	02 01 01 01 00 FF 00 03 01 21 00
读取实时交 易数据		fc 18 01 19		
回复			fc 18 01 F8 00 01 35 00 76 95 05 70 43	02 01 01 01 00 80 00 12 01 21 66 00 22 05 06 00 00 01 35 23 05 06 00 00 76 95
读总累		fc 0C 01 0D		
回复			fc 0C 01 63 00 00 25 61 00 00 05 A5 00 00 04 59 D7	
读交易数 据	01 01 02 01 00 0F 00 0C 04 21 21 00 05 05 06 07 08 0A CC CD	fc 15 01 14		
回复		fc 15 01 73 00 05 02 2B B0 05 3F 04 00 01 01 00 16 44 04 06 62 00 00 00 00 00 02 95 90 00 06 3F 00 16 49 96		02 01 01 01 00 2F 00 34 04 21 21 00 05 05 05 06 00 00 88 91 06 05 06 00 00 13 43 07 04 04 00 06 62 08 01 01 0A 04 00 00 00 10 CC 07 0A 00 00 00 00 15 99 CD 07 0A 00 00 00 00 29 42

通过实验证明，论文开发的 PCD 能够成功嵌入我国传统加油机，并在加油机与现场控制器之间实现协议转换功能，对于其它品牌加油机只需修改程序代码，将私有协议格式进行替换即可。由于 PCD 只针对所连接设备发送状态查询指令，避免了由前庭控制器因轮询所有前庭设备的状态而导致的响应延迟问题。

5.9 动态 web 开发

5.9.1 网页数据交互流程

根据 PCD 的功能需求，我们首先需要开发动态 Web 来实现加油机通讯参数的配置和加油机数据的监控。需要配置的加油机参数包括串口通讯参数波特率、奇偶校验位、停止位以及加油机的协议版本、逻辑节点号等信息；需要监控的加油机数据包括加油机状态、加油总量、实时加油数据等信息。PCD 软件运行时首先需要读取配置文件信息，然后将其更新到对应数据库中。因此，网页的设计不仅需要浏览信息，还需要实现交互功能。

目前，B/S 已成为 Web 开发的流行模式，该模式是 Web Server 和 Brower 之间的直接访问。客户和服务器的中间节点不对 HTTP 请求及响应做任何操作，应用程序放在 Server，处理 HTTP 请求时客户端只需采用如 IE 这样的浏览器对服务器上的数据进行浏览，不用开发客户端程序。动态 web 开发有多种方法，考虑到 CGI 易于使用与可以独立运行的特点，本文选择使用 CGI 技术来实现浏览器与服务器的交互。下图为使用动态 Web 实现参数配置和数据查询的流程。

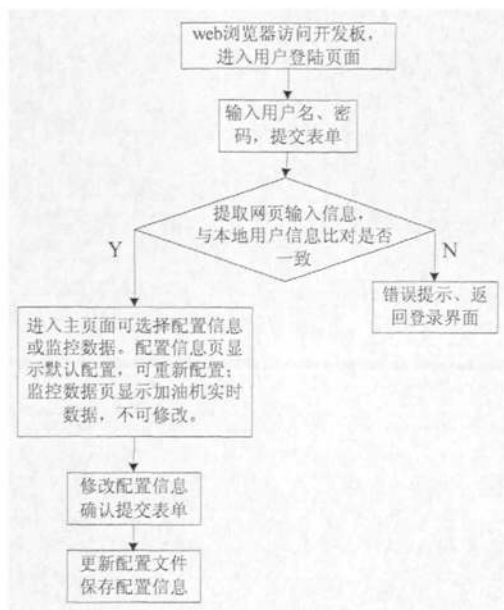


图 5-11 网页数据交互流程

Fig5-11 Process of data exchange on web

5.9.2 CGI 技术简介

CGI 是 CommonGatewayInterface (通用网关界面)的简称,它使在网络服务器下运行外部分应用程序(或网关)成为可能。CGI 技术被用来解释处理来自表单的输入信息,并在服务器产生相应的处理,或将相应的信息反馈给浏览器, CGI 程序使网页具有交互功能。CGI 应用程序可以由多种编程语言编写,本文选择最为熟悉的 C 语言。CGI 应用程序的工作原理^[37]如下:

- 1) 浏览器通过 HTML 表单或超链接请求指定一个 CGI 应用程序的 URL;
- 2) 服务器收到请求,执行指定 CGI 程序,打印 HTML 网页并将配置文件中的相关信息内容填入对应文本框;
- 3) 对于监控的实时数据不允许浏览者进行修改操作;对于配置页面浏览者填好配置信息,确认无误后进行保存退出;
- 4) web 浏览器首先对 HTML Form 中的数据以名字/值对的形式进行编码并发送给 web 服务器,然后由 web 服务器传递给 CGI 程序;
- 5) CGI 程序对数据流进行分析和解码,将对应信息保存到配置文件中。这样便实现了 Web 浏览器与服务器之间的数据交互。

5.9.3 网页表单输出解码

当用户提交一个 HTML 表单时，Web 浏览器首先对表单中的数据以名字/值对的形式进行编码，并发送给 Web 服务器，然后由 Web 服务器传递给 CGI 程序^[39]。其格式如下：

`name1=value1&name2=value2&name3=value3&name4=value4&...`

其中 name 是表单中定义的 INPUT、SELECT 等标签名，value 是用户输入或选择的标签值。此格式即为 URL 编码，需要对其进行分析和解码提取有效信息。

CGI 程序必须首先将数据流分解成一组组的名字/值对。这可以通过在输入流中查找下面的两个字符来完成。每当找到字符“=”，标志着一个表单变量名字的结束；每当找到字符“&”，标志着一个表单变量值的结束，而最后一个变量的值不以“&”结束。本文根据此思路编写表单的分析解码程序，即 CGI 程序，在此不再赘述。

5.9.4 CGI 程序交互实现与调用

CGI 程序是 C 语言和 HTML 语言的一种结合应用，用以实现 web 浏览器与服务器的数据交互功能。为此，CGI 程序代码编写分为两步：

1) 利用 Dreamweaver 网页开发工具设计开发板用户登录网页界面、串口参数配置界面以及加油机数据监控界面，将设计完成的网页 HTML 代码另存为文本文件。HTML 代码中需要将网页文本框的 value 属性值设为一定字符，当程序检测到该字符时用数据库相应数据进行替换，向用户显示数据库内对应数据。本文设计的串口配置界面如下图所示。



图 5-12 参数配置网页设计

Fig5-12 Web design of the parameter configuration

2) 使用 C 语言编写处理程序，打开保存网页代码的文本文件，逐行读取并

输出,当发现定义的特定字符时,在配置文件或数据库中提取对应信息进行替换。这样对其 HTML 代码逐行输出等同于在 web 浏览器中打开网页。

CGI 程序简单说就是使用 C 语言输出 HTML 代码,CGI-BIN 目录用来存放 CGI 脚本,这些脚本能够使 WWW 服务器和浏览器运行外部程序,而无需启动另一个原因程序。CGI 脚本是运行在 web 服务器上的一个程序,并由浏览者的输入触发。本文中 CGI 程序文件、用户信息表以及 HTML 文本文件的目录结构如图 5-13 所示,结合下图说明 web 浏览器对网页文件的识别以及 CGI 程序的调用。

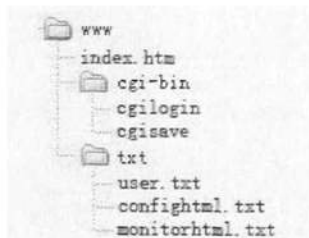


图 5-13 CGI 程序文件目录结构

Fig5-13 Directory structure of CGI program file

1) CGI 程序是以.c 为后缀的文件,交叉编译完成后设置文件允许权限,执行该可执行文件就能实现打开网页的功能。

2) 开发板首页的 HTML 代码必须保存为以 index.htm 命名的文件并存放在 /www 目录下。本文设置首页为用户登录页面,将输入内容与系统维护的用户信息表进行比对,信息一致则打印主页。

3) 实现 web 需要将编译完成的 CGI 可执行文件和配置文件放在*/cgi-bin 目录下。创建完成后在 web 服务器配置文件中添加该路径才能正确调用 CGI 程序处理表单信息、打印网页。

4) HTML 程序代码中表单的 action 属性值须设置为该网页提交后执行的可执行文件名与其相对路径(例如:action="/cgi-bin/cgilogin"),网页提交后便执行该程序进行 Form 解析、判断、调用程序。例如:用户登录页面提交后执行程序——解析表单输出与用户信息进行比对,输入正确则调用函数输出主页 HTML 代码;输入错误则返回登录页面并显示错误提示。进入主页配置信息提交后执行程序——解析表单输出并将有效信息保存至加油机数据库。

5.10 本章小结

本章主要介绍了论文开发的嵌入式加油机 PCD 软件。具体内容包括嵌入式开发环境的搭建、PCD 软件需求分析、模块设计、架构设计、技术应用、软件测

试以及动态 web 的开发。本章是针对我国目前加油站前庭设备连接现状向目标方案的过渡而提出的有效措施，在此结构中，IFSF 设备和 Non-IFSF 设备可以同时网络中运行，网络能够逐步更换基于 IFSF 协议的加油机而对系统运行没有任何影响。本章提出的过渡措施可以作为另外一种前庭设备的连接方案，使实现完全意义上的 IFSF 网络成为可能。

第 6 章 结论

6.1 论文工作总结

本文以中国石油天然气集团公司的加油站信息化建设为背景，对前庭设备连接需求以及连接方案进行了深入研究，论文的主要工作包括：

1) 深入研究目前国内加油站前庭设备的连接方案，即主从模式的前庭控制器连接方案，分析论证该连接方案存在的问题，并提出在我国采用国际标准 IFSF 架构，这在我国是一项新的尝试。因此，论文设计开发基于 IFSF 协议的加油机模拟软件进行测试验证，对等模式的 IFSF 架构在架构控制模式、轮询机制、通讯速率等方面存在一定优势，具有一定的先进性，更适应石油企业未来发展战略的需求。但是由于国内加油站前庭设备种类多，数量大，不能在全国范围内立即更换基于 IFSF 协议的前庭设备。因此，作为两种前庭设备连接方案的过渡措施，本文以加油机为研究对象，设计开发嵌入式协议转换器(简称 PCD)，在加油机内安装嵌入式开发板与通讯主板相连，实现加油机私有协议与 IFSF 标准协议之间的协议转换、数据缓存，并通过开发动态 web 实现加油机与 PCD 连接的串口参数配置、加油机的协议版本和逻辑节点号的设置以及加油机实时数据的监控查询。通过 PCD 测试证明，这种过渡方案能够使加油站内的 Non-IFSF 设备逐步更换为 IFSF 设备，而对系统运行没有任何影响，最终实现 IFSF 网络。

2) 深入研究国际标准 IFSF 协议集，并根据我国加油机应用情况对 IFSF 加油机协议进行修改，将标准的就状态裁减为七状态，并增加了协议中未设置的指令字和数据元素。同时，论文以某品牌加油机为例研究加油机私有协议、加油机状态及事件映射、实现机制转换的方法，为软件协议转换模块的开发打下坚实基础。

3) IFSF 加油机模拟软件模拟实现了一台基于 IFSF 协议的双面六枪加油机，该软件通过以太网口接入加油站管理系统网络，便能实现 SC 对加油机的实时监控和管理操作，真正做到即插即用，为本文提出采用国际 IFSF 架构做出有效论证。

4) PCD 应用软件以某品牌加油机为研究对象，通过研究该加油机协议，将其通讯协议规定状态与 IFSF 加油机状态进行映射；通过共享内存实现 IFSF 数据库；以共享内存和信号量相结合的方式实现进程间通讯；并且还实现了 IFSF 的心跳信

息、加油机事件驱动的机制、IFSF 协议对加油机交易缓冲区的定义。通过测试，增加 PCD 的加油机能够与 SC 快速准确地进行数据传输，并能够对 SC 下发的控制指令做出正确响应。

论文主要贡献包括：

1) 深入研究了 IFSF 协议的内容，根据国际成熟的前庭设备连接方式，结合我国目前前庭设备的连接现状进行分析，提出将国际标准 IFSF 架构引入我国加油站系统，提高企业竞争力。

2) 设计开发基于 IFSF 标准协议的加油机模拟软件、嵌入式协议转换器应用软件。

3) 在软件的开发过程中，分析国内加油机私有协议与 IFSF 加油机协议的差异，提出了两种协议的映射方法。深入研究 IFSF 协议，对其规定的主要机制进行了实现，包括使用 alarm 定时器实现了加油机的心跳消息以及事件驱动的响应机制；使用共享内存实现了 IFSF 的数据库定义；实现 IFSF 对于交易缓冲区的定义。

论文的研究工作中石油以及国内其它石油企业的加油站信息化建设具有一定指导意义，论文通过加油站前庭设备连接方案的研究，为我国石油行业信息化建设提供了可靠依据，并指明其符合未来发展战略的先进连接技术。

6.2 进一步的研究工作

本文的研究工作在取得了上述成果的同时，还存在以下几点不足，尚需要在未来的研究工作中进一步探索实践：

1) 由于真实环境与设备之间的差异，模拟软件在指令并发性和执行效率等方面上都不具备和真实环境中系统运行情况的可比性，因此通过开发加油机模拟软件验证 IFSF 架构在我国实施的可行性，在实际意义上打了一些折扣，因此需要将来在条件允许时，使用更为仿真的系统平台和设备，对 IFSF 架构的运行进行研究分析，不断提出改进方法完善系统。

2) 在我国加油站信息化建设中，考虑到前庭设备连接架构先进性的同时还要考虑到项目实施的经济问题。目前我国中石油已加入国际 IFSF 组织，获得了使用 IFSF 协议的许可和认证，但是对于加油机厂商来说加入 IFSF 组织是一笔不小的开销，并且需要按年交纳会费，因此使用 IFSF 协议建设加油站管理系统网络并不是一项长久之计。因此，我国石油行业应该考虑在借鉴 IFSF 协议集的基

基础上，研究制定出符合我国国情的一套前庭标准。本论文通过加油机模拟软件的开发，已对国际标准 IFSF 协议有了深入的了解，据此经验论文可以继续研究制定出符合我国国情的更加适用的前庭设备协议集，这一标准的诞生将是我国石油行业一项新的突破。

参考文献

- [1] 刘运基. IFSF和中国石油零售行业. 加油站服务网, 2007-07
- [2] 加油站管理软件. <http://www.yunfeiyang.com/Detail.aspx?id=189>
- [3] 王双庆, 邢建春, 王平. LonWorks 网络中的节点通讯. 微计算机信息(测控仪表自动化), 2003, (09): 1~6
- [4] 赵葵银, 唐勇奇. 基于LonWorks 现场控制器的设计与实现, 仪表技术与传感器, 2001, (06): 1~3
- [5] 尤一浩. 加油站卡机联动方案与POS机方案实践比较. 石油库与加油站, 2006, 15(05): 1~5
- [6] 吴正宏. 中国石化加油IC卡系统. 中国信用卡, 2001, (09): 1~4
- [7] 刘兴春, 尤一浩, 刘继金. 石化加油卡工程加油站卡机联动方案与POS机方案实践比较. 金卡工程, 2005, (12): 1~5
- [8] Anylink智能前庭控制器. <http://wwwcss-intelligent.com/products-15.htm>
- [9] 加油站信息化方案.
http://www.chuangong.com/publish/tech/Project/2007/1/tech_3_15_3288.html
- [10] Get inside PSS 5000.
<http://www.doms.com/default.aspx?pid=109&tid=2&lid=1&mid=1&sid=82->
- [11] Our Products - Tools for Integrators. <http://www.integration.co.nz/ITLProd.htm>
- [12] Pradip Madan, Overview of Control Networking Technology. Echelon Corp. 2006
- [13] W. Richard Stevens. TCP/IP详解卷1: 协议. 范建华, 胥光辉, 张涛等译. 北京: 机械工业出版社, 2007, 1~14
- [14] IFSF. IFSF ENGINEERING BULLETIN NO. 11--COMMON FIELD FORMATS VERSION 1.05, 2006-06
- [15] IFSF. IFSF ENGINEERING BULLETIN NO. 1-- CABLES, CABLING and CABLE CONNECTORS VERSION 2.13, 2004-12
- [16] IFSF. IFSF ENGINEERING BULLETIN NO. 13-- Multi-Controller Implementation VERSION 1.00, 2004-12
- [17] IFSF. OPEN SYSTEM SOLUTION VERSION 1.0, 2005-01
- [18] IFSF. COMMUNICATION SPECIFICATION OVER LONWORKS VERSION 1.91, 2006-03

- [19] IFSF. COMMUNICATION SPECIFICATION OVER TCP/IP VERSION 1.02, 2004-06
- [20] Andrew S. Tanenbaum;潘爱民等译. 计算机网络. 北京:清华大学出版社, 2004, 31~41
- [21] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用. 北京:清华大学出版社, 2000, 11~160
- [22] 何林, 欧进萍. 基于传感器总线及信息存储策略的数据采集系统. 高技术通讯, 2006, 16(02): 1~2
- [23] 范铠. 现场总线的发展趋势. 自动化仪表, 2000, 21(2): 1~4
- [24] 伊红卫. 现场总线(Fieldbus)技术标准及发展. 微计算机信息, 1996, (05): 1~4
- [25] Ashok K.Gupta, Benefits of various fieldbuses. The industrial networking show & conference. FieldComms, USA, 1997
- [26] IFSF. DISPENSER APPLICATION VERSION 2.25, 2007-11
- [27] IFSF. TANK LEVEL GAUGE APPLICATION VERSION 1.28, 2007-05
- [28] IFSF. PRICE POLE APPLICATION VERSION 1.14, 2005-07
- [29] IFSF. CAR WASH APPLICATION VERSION 1.32, 2003-12
- [30] 清宏计算机工作室编著. Visual Basic 编程技巧. 北京:机械工业出版社, 2001
- [31] Julia Case Bradley, Anita C. Millsbaugh著;常晓波, 刘颖等译. Visual Basic 6.0高级编程. 北京:清华大学出版社, 2003
- [32] 谭浩强. C语言程序设计(第二版). 清华大学出版社, 2003, 12
- [33] 华清远见嵌入式培训中心编著;嵌入式Linux C编程入门(第2版). 人民邮电出版社, 2009.
- [34] 范逸之, 陈立元. Visual Basic 与RS-232串行通讯控制. 北京:清华大学出版社, 2002, 54~92
- [35] W.Richard Stevens, Stephen A.Rago著;尤晋元, 张亚英, 戚正伟译. UNIX环境高级编程(第2版). 人民邮电大学, 2004, 397~434
- [36] Andrew S. Tanenbaum;潘爱民等译. 计算机网络. 北京:清华大学出版社, 2004, 161~167
- [37] 吴岳等编著. Linux C 程序设计大全. 清华大学出版社, 2004, 161~167
- [38] Mark Graves;尹志军等译. XML数据库设计. 北京:机械工业出版社, 2002, 8~9
- [39] 左伟明. 即学即用XML数据标记语言参考手册. 北京:人民邮电出版社, 2007, 32~125
- [40] 用C语言进行CGI程序设计. <http://topic.csdn.net/t/20021129/20/1217653.html>

攻读硕士期间发表的学术论文

- 1、加油站前庭控制器研究与实现. 工业仪表与自动化装置. (已录用)
- 2、基于相似理论的大型构造物理模拟装置的设计与研究. 机械设计与制造. (已录用)

致 谢

论文选题是本人在中国石油集团公司的实习阶段，参与加油站管理系统项目的测试工作而提出的。在整个研究生学习和科研阶段，我得到了导师单亦先、任旭虎老师的精心指导，无论是论文的选题、研究方法的确定、实验工作的具体细节以及论文的撰写，导师都倾注了大量时间和心血。导师渊博的知识、丰富的经验以及开拓的思维方式使我终生受益。同时十分感谢同一个实验室的李惠芳、崔倩、米雪、接铭晓、韩黎洁同学，谢谢你们对我学习上的帮助，耐心的解答我的问题，提出了很多宝贵的意见。

感谢任旭虎老师给予我这样宝贵的实习机会，这一年多的工作经验使我受益匪浅。在平时的工作和生活中我也得到了老师和同学无微不至的关心和帮助，在即将离开学校的时刻，对他们表示真诚的感谢，并祝老师和同学在今后的工作和生活顺心如意。

还要感谢我的爸爸妈妈，养育之恩，无以回报，你们永远健康快乐是我最大的心愿。