

The Design and Implementation of Interface Software in CP1000 Nuclear Power Plant Full Scope Simulator

Fei Li, Xueyan Hou, Kan Zhang, Binyue Yu

China Nuclear Power Operation Technology Corporation, LTD., Wuhan Hubei
Email: lifei05@cnpn.com.cn

Received: June 17th, 2019; accepted: July 2nd, 2019; published: July 9th, 2019

Abstract

Since DCS technology is going to become more mature in Chinese Nuclear Power Plants (NPP), with this advanced simulation DCS technology in FSS, we can implement some support functions, such as V & V in Plant DCS, optimization HMI, configuration of logic in Level 1 and Level 2. The CP1000 FSS used FSIMPlus + TRISIMPlus + ADACS_N DCS simulation system. This report describes the design and realization scheme of DCSFSS interface software. In the development process, the method of object-oriented modeling and modular program design was adopted. Using API and Socket network communication, other technologies were used to realize Simulator Control Functions and data transfer between RINSIM simulation platform and DCSFSS.

Keywords

FSS, DCSFSS, Stimulation, IPSCOM, HMI

CP1000核电厂全范模拟机中DCSFSS接口软件的设计与实现

李 飞, 侯雪燕, 张 侃, 于宾跃

中核武汉核电运行技术股份有限公司, 湖北 武汉
Email: lifei05@cnpn.com.cn

收稿日期: 2019年6月17日; 录用日期: 2019年7月2日; 发布日期: 2019年7月9日

摘 要

数字化仪控系统DCS在我国的核电厂已成熟应用, 采用这种先进的DCS仿真技术的全范围模拟机, 能够

实现对机组DCS系统进行功能验证、人机界面优化、一二层逻辑组态等技术支持功能。CP1000核电厂全范围模拟机采用了FSIMPlus + TRISIMPlus + ADACS_N的DCS仿真系统, 本文阐述了各DCSFSS接口软件的设计和实现。在开发过程中采用了面向对象建模、模块化程序设计的方法, 使用API及Socket网络通讯等技术, 实现了RINSIM仿真平台与DCSFSS的教控命令及数据通讯。

关键词

全范围模拟机, DCSFSS, 实物模拟, IPSCOM, 人机界面层

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

全范围模拟机系统是集成设计管理学、仿真技术、计算机技术、核电工程知识领域的综合工程。项目实施涵盖全范围模拟机项目的硬件体系结构和配置选型、软件总体结构和数据接口开发、教练员站功能开发、电厂系统仿真开发、机房布置设计、系统测试策略和模拟机配置管理等内容, 是一套完整的覆盖核电厂全范围运行仿真功能的复杂系统集成工程[1]。

数字化仪控模拟机(DCSFSS)是全范围模拟机系统的关键部分, 本文重点论述了 DCSFSS 系统的接口功能, 并对其系统结构、仿真设计、接口软件进行了深入分析和探讨, 提出了一种实物模拟和虚拟实物模拟的仿真系统接口设计和实现方案。

2. FSS 的软件组成

FSS 中由工艺系统及传感器&开关柜(Level 0), 数字化 I & C 系统(Level 1), 主控室 HMI 设备(Level 2) 三层组成。Level 0 的软件包括 RINSIM 仿真平台、电厂过程模型、专用仪控系统仿真模型、教练员站软件和盘台仪表系统接口通讯软件。

Level 1 的软件包括非安全级的 FOXBORO 自动化控制系统模拟器 FSIMPlus、安全级的 TRICONEX 自动化控制系统模拟器 TRISIMPlus、组态工作站软件 IACC 和 Tristation、仿真监控程序 Sim4Me 和安全级 HMI 仿真软件 InTouch。模型主机与 level 1 的通讯程序在通用软件 SimBridge 的基础上共同开发。Level 1 与 level 2 的通讯由 Fox API、KIC-Engine Link 与 ATOS 提供的接口软件共同实现[2]。

Level 2 包括基于 ILOG 和 ORACLE 的组态工作站软件, 以及由 ILOG、ARLIC 和 ILO2 等软件构成的 ADACS_N 软件系统, 该软件系统实现 Level 2 的数据处理、外部通讯、操纵员工作站功能。其中 CFR 接口软件用于与 Fox API 交换模拟电厂数据; Host-STC 接口软件用于接收 KIC-Engine Link 传递的教练员站命令和时间同步信息, 并送出反馈信息。

FSS 的软件系统结构图见图 1。

3. 核电厂数字化仪控系统仿真技术

核电站数字化仪控系统(Distribute Control System, 简称 DCS)是核电站的信息神经和控制中枢, 对于保证核电站安全、可靠、稳定和经济运行以及提升生产管理水平都起着至关重要的作用。目前国际上数字化仪控系统(DCS)已成为当今核电厂的趋势, 为了可靠和有效地完成电厂操纵员的培训和取证考试的相关工作, 数字化仪控模拟机(DCSFSS)广泛用于新建和在建的核电厂。DCSFSS 在模拟机中的仿实现存

在多种方案。归纳起来,大体可以分为三种:1)实物模拟(Stimulation);2)虚拟实物模拟(Emulation);3)纯模拟(Simulation)[3]。由于DCS系统存在电厂过程控制层和人机界面层之分,其设备甚至可能不是同一个供货商提供,实际情况下整个DCS可能是上述几种模拟方案的复合。因此针对不同的数字化核电站,其全范围模拟机中对这部分的处理会存在很大差别,但总体上都需满足模拟机标准的要求。

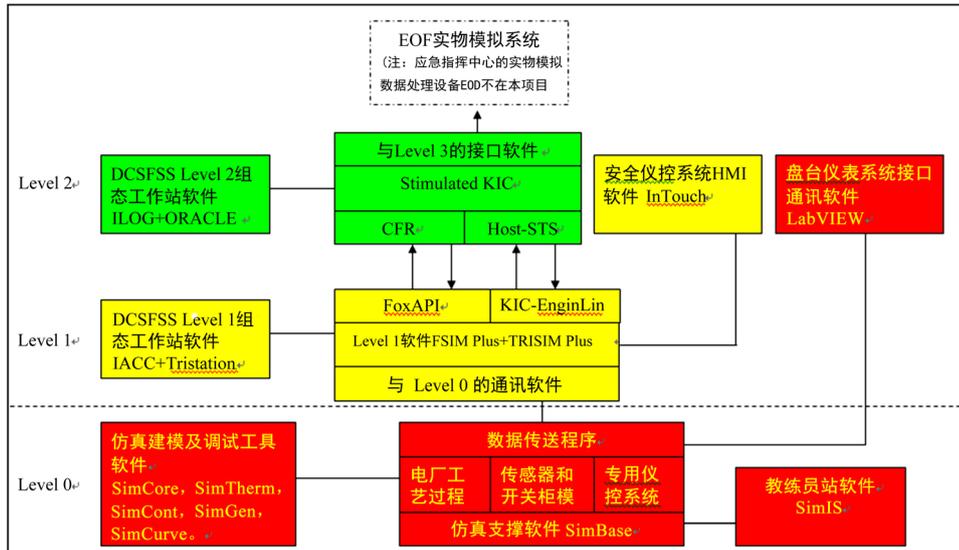


Figure 1. Software system structure design

图 1. 软件系统结构设计图

4. 电厂模型计算机内部数据接口设计

仿真支撑软件作为用于模拟机开发、调试、运行等模拟机制造全过程的工具,它包括以全局共享数据库为核心的多个功能模块,提供对仿真模型软件开发与维护、仿真开发系统组合、仿真机实时运行、软件调试等仿真机全寿期的支持。

模拟机实时运行时,电厂模型计算机时间计数器每个一定时间间隔发出一次模拟机时间同步信号,唤醒支撑软件的主同步进程。主同步进程根据仿真计算的调度要求,按不同的时间间隔分别唤醒各个实时执行进程进行仿真运算,每个实时执行进程包括一个或多个电厂仿真系统。包括主同步进程、实时执行进程、对外通讯进程和本机磁盘 I/O 操作进程在内的进程间的数据交换主要通过共享存储区方式实现。

5. 电厂模型计算机与 DCSFSS 的接口软件的设计及实现

DCSFSS 接口系统软件(以下简称 IPSCOM)是基于 API 接口库开发的,该软件在仿真主机上运行,除了实现全范围模拟机工艺系统模型和 DCSFSS 交换数据的功能外,还发送教控命令和同步控制指令。

5.1. 软件架构设计

IPSCOM 作为全范围模拟机的模型系统的一个部分,统一由 MST 调度。在全范围模拟机的每步运行中,MST 首先完成 DBM 实时数据和 DCSFSS 的 IO 数据内存区的交换,然后在唤醒核电机组工艺系统模型和 IPSCOM 接口系统,这样的执行策略可以保持核电机组工艺系统模型的运算与 IPSCOM 接口系统的数据传递互不干扰。IPSCOM 完成的最基本任务是接口数据传输,即每次循环包含数据发送和数据接受,另外,在每次数据传输循环的过程中都需要对故障、回放、复位等教控台的控制命令进行处理。为了与实际电站的频率一致,数据传输与教控台的控制命令处理需要在 100 毫秒之内完成。IPSCOM 总体架构图如图 2。

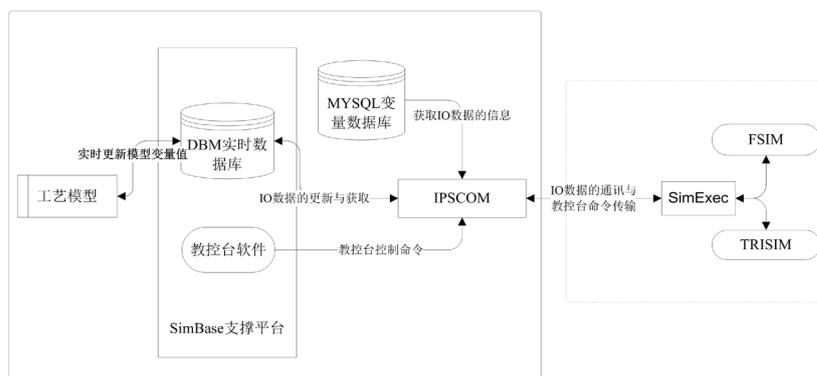


Figure 2. IPSCOM overall architecture diagram
图 2. IPSCOM 总体架构图

5.2. 接口数据传输

仿真主机和 DCSFSS 的数据接口分为三类：教练员站命令，DCS 输入输出模块与 Level 0 的连接信号，以及 BUP & ECP 上的开关、按钮输入转换信号。

教练员站命令包括：模拟机时间同步信号、冻结、运行、实时/慢速/快速、初始条件快照、初始条件复位、回溯条件快照、回溯条件复位、重演、DCS 的部件故障(包括 Level 1 和 Level 2 部件)。教练员站命令以专家命令格式为基础进行编码发送和译码识别。

IPSCOM 的详细数据流设计框架主要包含了 IO 数据的通讯以及控制台命令的传输，接口软件详细设计如图 3。

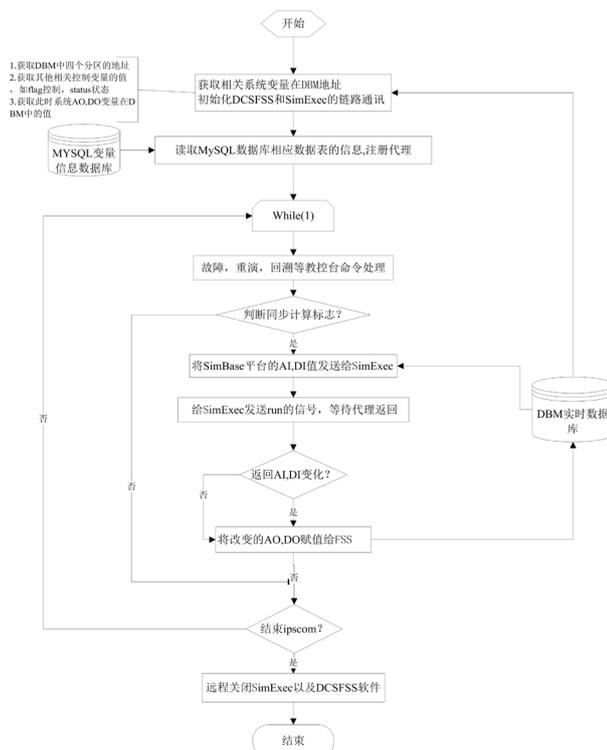


Figure 3. Software data flow detailed design framework
图 3. 软件数据流详细设计框架图

6. 结论及展望

CP1000 核电厂全范围模拟机精度高、人机界面与现场完全一致, 具备对电厂 DCS 进行功能验证、人机界面优化、一二层逻辑组态等技术支持的功能。在接口软件设计中, 采用了基于 API 开发的方式来实现, 运用了模型化和软件系统开发的图形化语言 UML, 设计了教控命令和数据的通讯。实现了特定 DCSFSS (FOXBORO I/A、TRICONEX 和 ADACS 的组合体)的启动、运行、冻结、复位 IC/BC, 同步、故障等教控命令及数据的传递。

参考文献

- [1] 崔浩. DCS 系统模拟技术在新建核电站仿真应用分析[J]. 中国科技博览, 2012(32): 560-560.
- [2] 郑儿, 胡俊, 由玉伟. 核电站非安全级 DCS 仿真系统分析[J]. 自动化博览, 2013(3): 76-79.
- [3] 俞金波. 核电站数字化仪控系统的特点[J]. 今日科苑, 2008(22): 48-49.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-7111, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: nst@hanspub.org