

基于以太网和 CAN 总线的船舶电力推进模拟器设计

王爱军

(南通航运职业技术学院 轮机工程系, 江苏 南通 226010)

摘要:文章介绍了一种基于以太网和 CAN 总线的船舶电力推进模拟器的结构,描述了 CAN 总线节点的软、硬件设计,并阐述了模拟器进行仿真训练的主要功能,为船舶电力推进模拟器的研制提供了一定参考。

关键词:船舶电力推进;模拟器;以太网;CAN 总线

中图分类号:U664.14

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2016)02-0053-04

0 引言

随着电力电子技术、数字化技术、网络技术以及机电领域的最新发展,综合全电力推进系统得到了越来越广泛的应用。与柴油机作为主动力的船舶推进装置相比,综合全电力推进系统在许多方面具有明显优点。船舶电力推进模拟器是利用计算机仿真技术构建的一个电力推进系统操作和监控环境,能够对工作现场进行模拟,可用于船员和相关人员的培训。通过该模拟器,学员可以熟悉电力推进系统组成、特点,掌握操作流程和管理维护要求。目前,大连海事大学、上海海事大学等高校都在进行船舶电力推进模拟实验平台的研制,取得了一定的成果。我院近年来立项建设了船舶电力推进模拟器,使用了最新的吊舱式全电力推进模型,结合网络技术和多媒体技术,构建一个良好的培训教学环境。本文将依托该模拟器的建设实践,对其结构、CAN 网络节点设计及功能等进行介绍。

1 系统结构

CAN 总线的数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性,适合于模拟器各硬件节点间的互联。而基于 TCP/IP 协议的以太网是局部信息交换网络的首选形式,适合于计算机间的互联。

1.1 模拟器的网络结构

基于以太网和 CAN 总线的船舶电力推进模拟器组成如图 1 所示。该系统由 11 屏高压配电板、3 屏驾控台、7 屏集控台、2 个机旁控制台、吊舱模型、1 台教师机、1 台投影仪和 40 台学生机组成。教师机、学生机和驾控台上的管理计算机通过以太网连接,作为模拟器上层网络。模拟器的其它各处节点模块连接到 CAN 总线上,成为网络节点,一起构成模拟器下层控制网络。驾控台管理计算机作为两个网络的网关。

1.2 模拟器的硬件组成

高压配电板包括 11 个控制屏,4 列为柴油发电机组控制屏,1 列并车屏,2 列侧推启动屏,2 列电力推进电机配电屏,2 列通用变压器配电屏,1 列母联屏。高压配电板可以实现柴油发电机的起停、合分闸、并车解列、母联开关的合分闸及推进器供电主开关的合分闸等功能。该配电板实现了电力系统和电力推进系统合二为一,通过一个大容量高压船舶电站实现日用供电和推进供电一体化。该配电板结合实船逻辑,具有较好的实船一致性,其它部分通过软件仿真实现相关功能。

驾控台包括三个控制屏。左边控制屏为监测报警计算机,负责电力推进系统的状态监视、操作记录和报警显示。右边控制屏为管理计算机,一方面通过 USB-CAN 接口卡与 CAN 总线相连,向模拟器的其它节点发

收稿日期:2015-12-10

作者简介:王爱军(1981-),男,湖南汉寿人,南通航运职业技术学院轮机工程系讲师。

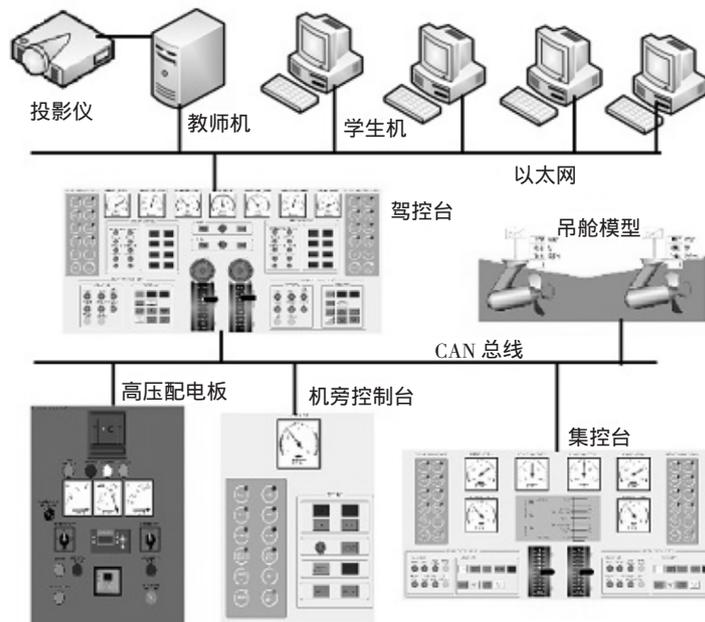


图 1 船舶电力推进模拟器组成框图

送软件操作命令,或者接受其它 CAN 节点的命令和状态数据在界面上显示。管理计算机另一方面通过以太网接口连接于以太网交换机,与模拟器教师机和学生机上的电力推进仿真训练软件通过以太网交换数据,实现软硬件协同操作。中间控制屏是电力推进系统驾驶台遥控的人机交互界面,上面有船速表、左右吊舱转角显示仪表、左右推进电机的转速表、指示功率表等,下面有推进电机遥控手柄、车钟和状态指示灯等,可实现对推进电机的遥控、操作部位转换、车令发送、状态监视等功能。集控台包括七个控制屏,可实现机舱集中监视与报警、推进器遥控操作等。机旁控制台包括两个控制屏,分别实现左右推进器的控制,主要功能包括系统重要参数指示、重要报警指示、车钟回令、操作部位切换、推进器起停、推进电机调速和吊舱转角控制。

吊舱模型包括吊舱控制箱和左右吊舱,吊舱控制箱实现对左右吊舱转动驱动电机的控制以改变吊舱转角,同时实现对左右吊舱推进电机的起停控制和转速调节。教师机和学生机的功能主要通过船舶电力推进系统仿真训练软件来实现。教师机可以与管理计算机的操作界面实现同步,并将操作过程和结果通过投影仪显示在大屏幕上。学生机可以进行单独的软件仿真操作,也可以在考核状态下通过联网实现对高压配电板和吊舱模型的遥控操作。

2 CAN 网络节点设计

在电力推进模拟器 CAN 网络系统中,有两类功能不同的网络节点:CAN 智能节点和 CAN 计算机节点。CAN 智能节点是组成模拟器的各个控制屏的控制核心,由带有 CAN 通信接口的单片机实现。CAN 计算机节点通过 CAN 通信适配卡与 CAN 总线相连,接收 CAN 总线上的信息,监视模拟器的运行状态,或者向 CAN 总线发送操作命令。

2.1 CAN 智能节点的设计

CAN 智能节点的主控制器选用意法半导体基于 ARM CORTEX-M3 内核的 STM32F103ZE 微处理器。该处理器含有丰富的 I/O 口,多个 ADC 和 DAC 通道,同时具备两个 CAN2.0B 通道,使得外围设计电路大为简单。CAN 总线驱动器选用 Philips 半导体公司的 PCA82C251。

智能节点的具体功能单元包括 4 种:DI(数字量输入)、DO(数字量输出)、AI(模拟量输入)、AO(模拟量输出)。^[4]DI、DO 采用单片机的 I/O 口实现,为了提高节点的稳定性和抗干扰能力,可以采用光电耦合器将外部输入输出开关量与单片机的 I/O 口隔离。AI 使用单片机的 ADC 通道。AO 使用单片机的 DAC 通道,有些节点含有较多的模拟量输出通道时(比如发电机控制屏上有电压表、电流表、频率表和功率因素表,需要 4 个 AO 点),可以通过 SPI 通信口扩展更多的 DAC 通道。

推进器机旁控制单元 CAN 节点的硬件框图如图 2 所示,其它 CAN 节点设计与此类似。

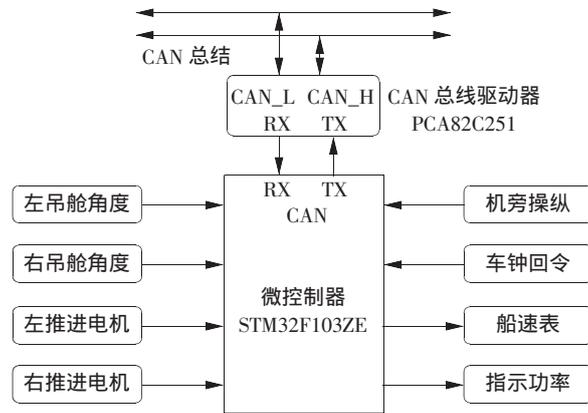


图 2 CAN 智能节点结构图

推进器机旁控制单元具有与实船一致的操作界面，操作面板上的开关按钮等都作为单片机的数字输入接口，而指示灯、仪表则分别与单片机的数字输出和模拟输出接口连接。如左右推进器的吊舱角度的增减按钮、推进电机的起停按钮和速度增减按钮，这些操作按钮都通过数字输入接口与单片机相连。机旁操纵选择开关和车钟回令利用转换开关进行操作，通过选择电路也转换为单片机的数字输入。机旁控制单元上的船速表和左右推进电机指示功率表则与单片机的 DAC 通道相连。

2.2 CAN 计算机节点的设计

CAN 计算机节点包括监测报警计算机和管理计算机。为了简化硬件设计，计算机节点采用致远电子公司生产的 USB-CAN II+总线适配卡。它采用 USB 接口，实现了支持 CAN2.0B 协议的两路 CAN 接口，能够让计算机方便连接到 CAN 总线上。该接口卡提供强大的软件支持，包括驱动程序、测试工具、应用例程，并且支持高层应用层协议，可以大大简化编程工作。

管理计算机除了作为 CAN 网络的一个节点，还作为仿真训练软件的服务器，关键在于电力推进仿真程序的设计。电力推进仿真程序主要针对培训教学，而不是实验研究，因而不需要复杂的数学模型，重点是满足操作过程中的控制逻辑、时序和较为简单的参数关系。^[2]仿真程序主要包括初始化、CAN 通信模块、以太网通信模块、仿真界面模块等，其流程图如图 3 所示。

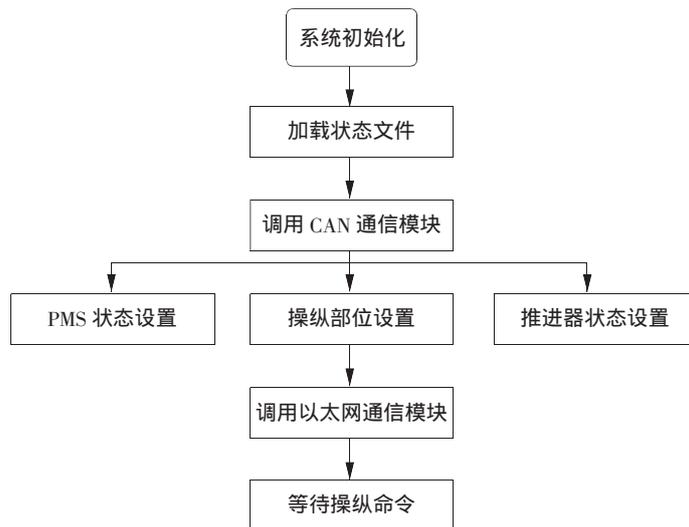


图 3 电力推进仿真程序流程图

首先，管理计算机将执行系统初始化程序，主要是检查 CAN 总线各节点的连接状态和以太网通信是否良好，如果 CAN 总线通信错误，则发出警告并进入纯软件模拟状态。系统初始化完成后，电力推进仿真程序会加载一个状态文件设置模拟器的初始化状态，这个功能将为教学带来很大的方便。这个状态可以是“瘫船”、“接岸电”、“应急”或是“正常推进”状态，接下来可以对各种状态下的后续处理进行教学演示，也可以在

操作过程中随时将当前的状态进行保存。调用 CAN 通信模块可以向模拟器的其它 CAN 智能节点发送状态设置命令,使高压配电板、驾控台、集控台、机旁控制台和吊舱模型的运行状态与状态文件一致。最后调用以太网通信模块将状态文件发送给教师机,使教师机和学生机的仿真训练软件与模拟器状态一致。程序进入等待操纵命令状态时,操作命令可以是硬件上的操作,也可以是程序本身的键盘鼠标操作或者以太网传送的操作命令。

3 仿真训练软件的主要功能

仿真训练软件融合了最先进的船舶电力推进技术,使学员在遇到类似船舶的时候,能够迅速掌握相关要领。为了获得良好的教学培训效果,仿真训练软件实现了软硬件协同操作,并构建了多种培训模式,使操作过程尽量直观、生动,从而激发学生的学习兴趣。^[3]

3.1 软硬件协同操作

船舶电力推进系统中每一个重要部件都在仿真训练软件中有对应的非常形象的模型,类似高压配电板、驾控台等有实物模型的,在实物模型上的每一个操作,软件模型都会对应变化。而在仿真训练软件界面上也可对硬件进行操作,像发电机组启动、开关合闸、吊舱转动、推进器运行等,都可得到直观的运行效果。

3.2 多种培训模式

指导老师可以在教师机设置多种操作模式,包括演示模式、提问模式、练习模式、考核模式等。在演示模式下,指导老师在讲解操作过程时,学生机的界面显示相同,将在界面上显示具体的动作。在提问模式下,教师机的界面将与被提问学生的操作保持一致,并在投影仪大屏幕显示,同时操作命令将发送到驾控台的管理计算机,在模型上反映学生的操作过程和结果。在练习模式下,所有学生将独立使用软件仿真功能。在考核模式下,学生在规定时间内对仿真软件的操作过程将被详细记录,形成过程文件,提交到教师机。而教师机可以回放这个文件所记录的操作过程,便于指导老师评判。

4 结束语

本文介绍了船舶电力推进模拟器的半实物仿真的硬件组成和基于双层网络的系统结构,分析了主要节点的设计思路和实现过程。该模拟器可以完成对船舶功率管理系统 PMS 所属的高压配电板进行供电电操作,对吊舱推进器进行转舵和调速操作,并具有状态检测和故障诊断功能,符合国家海事部门对船员培训的要求。在该模拟器硬件的基础上,还可以进行软件的升级,特别是引入虚拟现实技术,制作关键部件的三维交互模型,从而进一步提高培训教学效果。

参考文献:

- [1]杨春杰.CAN 总线技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2010.
- [2]赵红,郭晨,吴志良.船舶电力推进系统的建模与仿真[J].中国造船,2006(4):51-56.
- [3]高海波,陈辉,林治国.船舶电力推进系统课程建设及教学实践[J].钦州学院学报,2011(3):1-4.

Design of Ship Electric Propulsion Simulator Based on Ethernet and CAN Bus

WANG Ai-jun

(Dept. of Marine Engineering, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: This article introduces the structure of a kind of ship electric propulsion simulators based on Ethernet and CAN bus, describes the hardware and software design of CAN bus node, and expounds the main functions of the simulator in simulation training, which is of certain reference value to the research and development of ship electric propulsion simulators.

Key words: Ship electric propulsion; Simulator; Ethernet; CAN bus