

基于多处理机的船舶动力定位控制系统

哈尔滨工程大学 王宏健 施小成 丁福光 边信黔

摘 要 该文介绍了船舶动力定位控制系统的设计方法,研究了动力定位系统的分布式多处理机体系结构,提出了动力定位应用软件的层次化结构设计思想。基于多处理机的系统设计方案合理、并行度高、实时性好、可靠性高,可以很好地完成复杂船舶动力定位系统所要求的实时信息采集、数据处理、控制计算、推力分配、能源管理等任务,具有重要的工程实用价值。

关键词 船舶动力定位 控制系统 多处理机

1 引言

在现代控制系统中,传统的单机系统结构用于构造实时并行处理系统存在很多不足,主要表现在性能、功能模块扩展、可靠性与可适应性、处理速度及主存容量等方面。近几年来,随着超大规模集成电路技术的发展和微处理机价格的大幅度下降,分布式多机系统以其局部独立性、吞吐率、容错性和可靠性高等优点,已被广泛应用于重要工业控制领域。

本文所研究的对象——动力定位控制系统显控台是船舶动力定位系统的核心组成部分,它的深入研究与实现直接关系到系统各种功能的完成,因此,采用分布式多处理机体系结构,是十分必要且可行的,对提高系统性能具有重要的理论与实际意义。

2 动力定位控制原理

海上风、波浪和海流力的作用,使船舶纵向、横

向和艏向三个自由度的运动受到严重干扰。船舶上装备动力定位控制系统可从导航定位系统接收船运动信息和环境力信息,利用计算机完成复杂控制计算,指挥辅助推进装置正确发出推力和力矩,从而构成一个闭环控制系统,抵抗三个自由度上的干扰力,保证各种使命任务的完成。图 1 所示为典型的定点控位闭环控制系统原理图。控制系统对位置、艏向的实时测量值进行数字滤波,再与相应设定值比较后得到纵向误差 ΔX 、横向误差 ΔY 和艏向误差 $\Delta \Phi$ 。三项误差值输入各自的最优 PID 控制器后输出合成控制力指令,经推力分配计算后所得到的力与力矩指令,输出至推进器,用以抵抗风、浪和流力,使船舶保持在设定位置与设定艏向角。

3 动力定位控制系统的总体方案

3.1 系统功能

作为核心控制设备,动力定位控制系统除具有

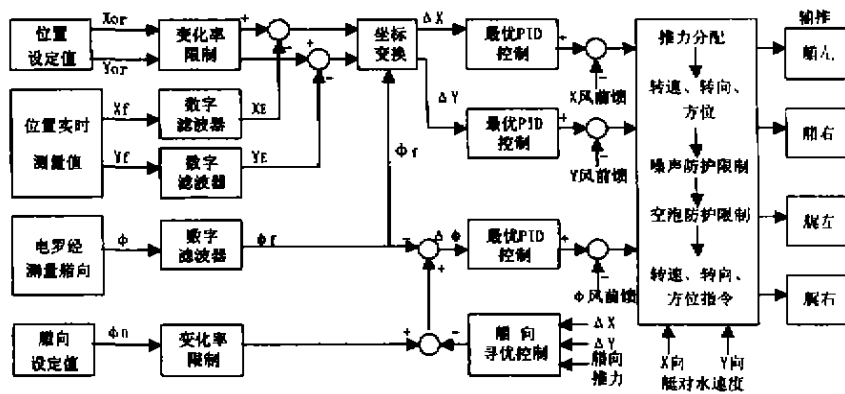


图 1 定点控位闭环控制系统原理图

作者简介:王宏健,女,29岁,讲师,在职博士研究生,主要从事船舶动力定位和潜器运动控制技术、虚拟现实技术研究。

常规的信息综合显示、系统资源管理、开机自检等基本功能外,其重要特点是为操船人员设计了自动航迹保持、自动定点悬停、自动定向、手动操纵、手自动混合操纵以及舷侧手操等多种操纵功能。总之,该系统既有自动操纵控制功能,又能充分利用驾驶员丰富的操船经验,在离靠码头、操作方式转换和短距离机动船位时,用回旋操纵旋钮和船位操纵手柄发出的合成指令方便地进行手动驾驶。

3.2 设计思想与系统总体设计方案

采用美国 Intel 公司的 Multibus II 总线技术,在 iRMX 实时多任务操作系统开发平台支持下,以四台 32 位微处理机形成松散耦合的分布式多处理机体系结构,并配置智能串行接口板与并行接口板负责对外接口通讯,由此构成一个完整的船舶动力定位控制系统。该控制系统主要任务是与组合导航系统、各传感器、信息中心系统和实时仿真系统等进行快速、准确的接口通讯;完成大量的实时控制计算以及进行多任务人机交互计算机管理。

采用任务分散化设计原则,从实时性、可靠性和逻辑性角度出发,将分布式多处理机系统的功能层任务分解为:接口通讯、控制计算、图形显示、人机交互与系统管理等任务。此 Multibus II 总线多处理

机系统结构设计方案,是由 Intel 公司的四块 iSBC 386/133 CPU 板(分别定义为 1[#]、2[#]、3[#]和 4[#]处理机)、一块 iSBC 386/258 外设管理板、一块 iSBX 279 图形接口板、一块 iSBC 186/410 串行接口板、一块 iSBC MPI/519 并行接口板、一块 iSBC 186/530 网络管理板、显示器及若干自行设计开发的接口电路板组成。系统总体框图如图 2 所示。

四块处理机间进行数据交互通讯,而同一处理机内部各任务间进行信息交换,并完成进程调度。在处理机内部配有局部存储器和 I/O 接口,系统与外部设备通过智能串/并行接口板完成通讯。显然,该多处理机系统结构设计的好坏将直接影响动力定位功能的实现和系统使命任务的完成。

3.3 系统结构的模块化划分原则

本动力定位控制系统功能层可按以下原则划分:

1[#]处理机负责图形显示页面的转换、更新及管理任务,构成图形管理子系统;

2[#]处理机负责系统管理、与信息中心和综合导航台的通讯以及模拟演示计算等任务,构成系统管理子系统;

3[#]处理机负责主控制台操纵面板的管理、电罗经

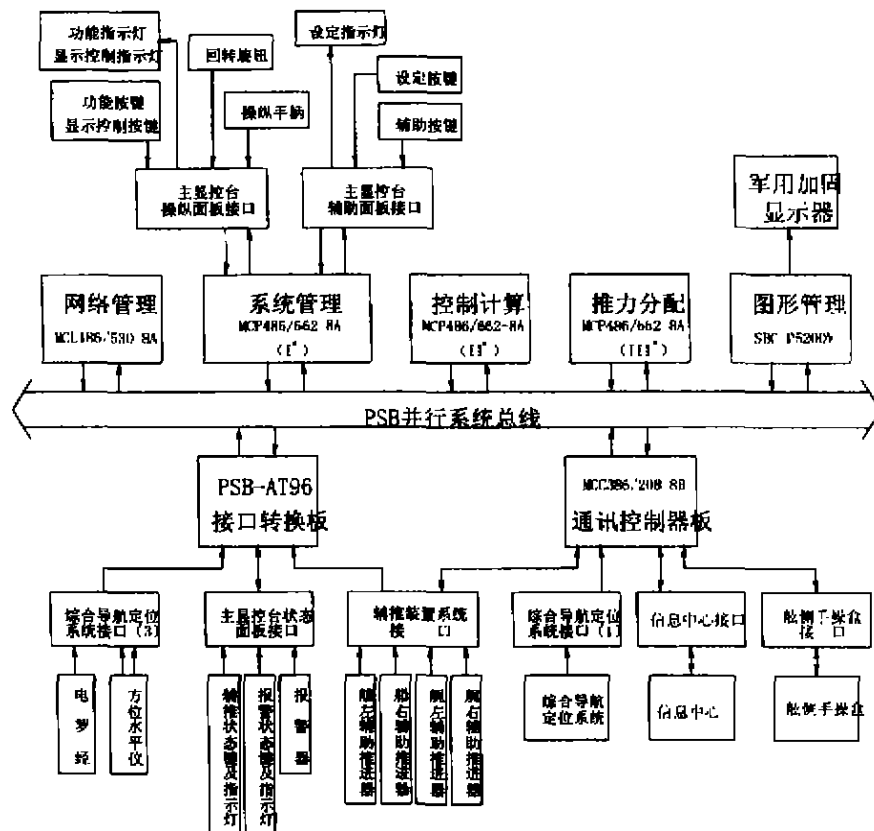


图 2 动力定位控制系统总体框图

及平台罗经信号的采集、信号滤波、流估计、控制器计算、以及与舷侧手操盒通讯等任务,构成控制计算子系统;

4^号处理机负责采集主控台回旋操纵旋扭和船位操纵手柄的信息、推力指令合成、推力分配计算、与辅助装置通讯等任务,构成推力分配子系统。

4 动力定位控制系统的软件实现

4.1 开发环境

此系统应用软件以 Intel 公司的 iRMX III 实时多任务操作系统为系统开发平台,采用 C 语言和 PL/M 语言混合编程,包含动力定位系统管理软件包、控制软件包、人机交互与运动图形显示软件包。

iRMX 操作系统采用事件触发、基于优先级的可抢占式调度方式,以保证多任务协调运行和进程通讯,避免执行机构的误动作和计算机死锁问题,使应用软件具有实时性好、计算速度快、稳定性好等特点。在 iSBC 279A 图形板的支持下,开发多窗口全中文界面,增强型图形操作界面提供了友好的人机交互功能及运动图形综合显示,有助于操船人员实现各种控制操作。

4.2 层次化结构设计思想

采用层次化结构设计思想,分为作业管理层、任务决策层、模块执行层。

(1) 作业管理层是高级的资源管理者,由用户在系统根作业下创建。主要负责资源建立及任务生成,不进行具体的控制调度,对下层操作是透明的。按功能专用和功能分布原则,本系统的应用软件划分为四个用户作业子系统:图形管理作业、系统管理作业、控制计算作业和推力分配作业。它们分别在 4 个处理机上以并行流水线方式工作,实现作业、任

务级的并行操作。

(2) 任务决策层是中间级的控制调度者,在用户应用作业下创建,根据需要可包含若干任务;任务由若干软件模块组成。能继承其父作业的所有资源。主要完成进程调度、进程通讯、端口通讯、资源动态申请等工作,是用户各个作业子系统间协调运行的关键。

(3) 模块执行层是低级的进程执行者,是任务中所调用的软件模块。完成任务的具体指令执行。

软件实现的结构化层次图如图 3 所示。

5 仿真结果

对由动力定位系统显控台与计算机实时仿真系统构成的半实物闭环实时模拟系统进行了定点控位与自动循迹两大功能的仿真试验。

5.1 定点控位仿真结果

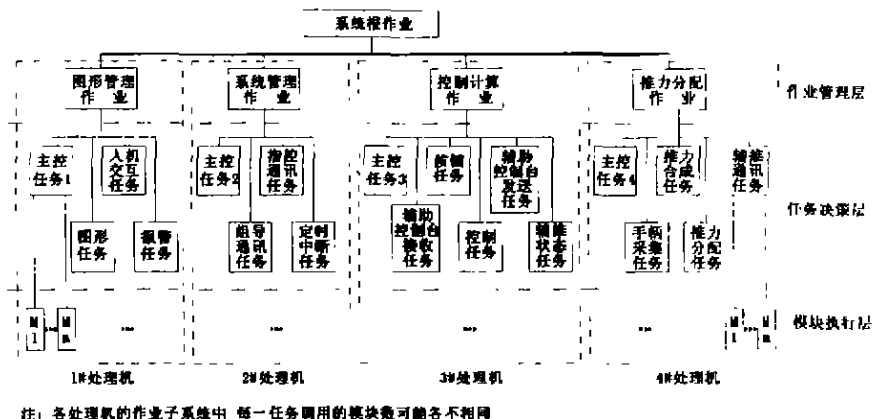
共选择六组典型情况进行定点控位功能试验。这里给出其中一组试验结果:试验时,在计算机仿真系统上设定某典型环境参数,动力定位系统启动工作,按下手操键、定向键及悬停键,利用操纵面板上数字键盘设定航向 0 度,在一定的试验时间内得到试验结果如表 1 所列。

表 1

定点控位试验结果			
	北(m)	东(m)	径向(m)
稳态偏差	5.362	2.966	6.128
稳定精度	6.261	5.351	8.236
控位精度	8.243	6.118	10.265

5.2 自动循迹仿真结果

共选择八组典型情况进行自动循迹功能试验。这里给出其中一组试验结果:试验时,在计算机仿真



注:各处理机的作业子系统中每一任务调用的模块数可能各不相同

图 3 应用软件结构化层次图

系统上设定某典型环境参数,动力定位系统启动工作,按下手操键、定向键及悬停键,利用操纵面板上数字键盘设定航迹初始点坐标(0,0)、终点坐标(3000,-300)、速度3节,按下循迹键,在一定的试验时间内得到试验结果如表2所列。

表 2

循迹航行试验结果	
	航迹(m)
稳态偏差	-3.074
稳定精度	1.745
控位精度	3.535

5.3 系统特色

① 并行度高,分布式多机系统提高了系统的并行工作效率。

② 实时性好,实时多任务操作系统为实时处理提供大量的目标资源,采用抢占式调度方式在时间与空间上有效地利用了计算机资源。

③ 消息路径短,任务间通信采用最短路径,保证消息不易丢失,减少不必要的时间延迟;

④ 数据流式程序设计,任务的结构化、模块化设计方法,使系统结构清晰,简化开发过程,易于理解、编程和调试;

⑤ 人机交互能力强,为操作人员提供多幅多窗口综合显示画页及全中文弹出式菜单。

⑥ 可靠性与可维性高,接口部件发生故障时系统仍能降级使用,可靠性高;任务间相互包含少,独立性强,易于维护。

⑦ 系统易于配置,具有全局总线及可裁剪式系统配置。

⑧ 功能扩展性好,系统软件设计采用不同任务按功能划分的原则,易于实现功能扩展。

6 结 论

本文讨论的分布式船舶动力定位多机系统总体设计,特别是计算机体系分布式结构设计思想与基于实时多任务思想的软件实现方法,体现了现代船舶动力定位技术的发展方向。计算机仿真结果表明,基于分布式多处理机体系结构的动力定位控制系统,可以充分利用现代计算机的资源,进一步扩充了系统功能,提高了精度,是可行且可靠的。

7 参考文献

- 1 边信黔等.深潜器四自由度动力定位.船工科技,1986年增刊
- 2 王宏健.船舶动力定位软、硬件结构设计.哈尔滨工程大学硕士学位论文,1998
- 3 施小成等.潜器动力定位控制系统设计与分析.中国科协首届青年学术会,1992
- 4 摩根 M.近海船舶动力定位.耿惠彬译.国防工业出版社,1984

(上接第43页)

将图7与图6中的曲线2相比较可知:当系统的加载梯度改变时,多余力的抑制效果和系统输出的跟踪能力同样好,且不随输入信号频率的增加而增加。

6 结 论

本文详细分析了舵机加载系统中多余力的产生过程及其特点,并通过仿真得到如下结论:

① 系统的响应滞后造成加载系统流量和压力的耦合是多余力产生的直接原因。

② 多余力在低频段呈微分特性,幅值以+20dB斜率上升,相角超前90°。且多余力是舵机加载系统所固有的,不对其补偿,系统不能保证加载精度。

③ H_∞ 控制方法既提高了舵机加载系统的快速性,有效地抑制了多余力,又提高了其稳态精度。

④ 在 H_∞ 控制器作用下,伺服阀的频率特性对系统无影响,系统具有较强的鲁棒性。

7 参考文献

- 1 张帆,韩俊伟等.船舶舵机液压系统气蚀机理分析及改进设计的研究.船舶工程,1998(2).
- 2 徐本洲.被动式电液力控制系统的干扰抑制与渐进跟踪研究.哈尔滨工业大学博士论文,1992.
- 3 Matsui Takashi. Effect of positive angular velocity feedback on torque control of hydraulic actuator. JSME. Int. J. serC372. 1992.(6).
- 4 赵玉琢.被动式电液力控制系统中多余力的实验研究.自动化技术与应用,1986,(2).
- 5 申铁龙. H_∞ 控制理论及应用.北京:清华大学出版社,1995,6.