#### 文章编号: 1672-2892(2011)06-0786-04

## 大型激光装置光路准直并行控制模型设计

虢仲平,唐 钟

(中国工程物理研究院 计算机应用研究所,四川 绵阳 621900)

摘 要:大型激光装置中的光路准直部分涉及大量的精密控制检测设备元器件,对控制的可 靠性和控制时间有极高的要求。本文就多光束准直的并行化设计进行了详细阐述,完整地给出了 大型激光装置并行光路准直在软硬件中的解决方案,包含总体控制结构、运动控制、图像采集和 处理等并行化处理和设计。该模型在光学实验平台上得到了很好的验证和应用,为即将开展的准 直控制流程、图像处理以及运动控制并行算法在激光装置光路准直工程中的实现提供了技术支持 和保障。

关键词:光路准直;并行;控制模型 中图分类号:TN247;TP273

文献标识码:A

# Design of parallel control model for beam collimation in large scale laser equipment

#### GUO Zhong-ping, TANG Zhong

(Institute of Computer Application, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621900, China)

**Abstract:** Control system of beam alignment in large scale laser equipment requires high reliability and good real time performance due to a lot of control devices and detection devices included in it. This paper introduces the parallel design of beam collimation and provides an integrated solution based on software and hardware, including integral control configuration, motion control, and image collection and processing etc. This model has been validated and put into application on an optical experimental platform, which provides a strong support for the engineering realization in the future.

Key words: beam alignment; parallel; control model

大型激光装置光路准直系统是在装置运行发射前快速、自动地完成装置多束(48束)激光的光路准直,确保在装置打靶运行发射时光路的畅通,并确保输出光束指向满足各类物理实验对打靶精确度的基本要求<sup>[1]</sup>。本文就光路准直控制模型进行了详细分析、设计,给出了大型激光装置光路准直的并行控制模型,并在光学实验平台上得到验证和应用。

#### 1 光路准直控制系统结构

设计的光路总数为 48 路, 分为 6 个束组, 每个束组包含 8 路光。光路准直系统控制结构如图 1, 每个束组 包含 8 路光, 其中隐含了准直控制硬件、软件控制模型。

#### 2 光路准直并行控制模型设计

为使光路准直能在装置多光束环境下自动、并行运行,需在该控制系统硬件设计、软件设计及程序运行设计 上分别满足并行运行的基本条件。激光装置的光学设计和布局<sup>[2]</sup>,使得 6 个束组在光路调整时相互独立和无关, 在每个束组内,提供了每条光路在准直时是相互无关和独立的<sup>[3-4]</sup>。因此,物理上的光学设计和准直控制流程为 多束光路准直的计算机并行运行提供了最基本的并行条件<sup>[5]</sup>。下面就基于在这种条件下,如何使得光路准直能 够在控制系统中实现并行控制进行 分析和设计<sup>[6-8]</sup>。

为达到控制系统在硬件设计上 并行光路准直的实现环境,需要解决 运动控制的并行运行,图像的并行采 集和传输,可提供并行处理的计算机 及并行软件3部分设计。

#### 2.1 运动控制

光路自动准直电控系统硬件采 用 FCS(Fieldbus Control System)控制 方式,将运动控制、图像采集等设备 灵活地接入控制系统中,由控制服务 系统、运动控制器、步进电机驱动器、 步进电机等组成运动控制硬件系统<sup>[9]</sup>。 在这种针对光路元器件所采用的控 制系统硬件设计中,每个束组独立自 成体系,满足束组内每个光路独立运 行(每路可独立完成 4 个电机同时运 行),同时又满足了激光装置的分束 组、分光束独立控制的要求。

运动控制所采用的并行模型如 图 2 所示。图 2 所包含的控制意义在

于:可以在任何时间 t,确保 6个束组中任意一个光路上的 4 个电机同时运行,这为装置的光路准直并行控制在电机控制方面提供了实际可并行的前提,因为对于任何光路的控制而言,每个时间 t 时,最多只需 4 个电机同时运行。



图 2 光路准直运动控制并行模型

#### 2.2 图像采集的并行处理

依据准直控制的需求和方法,达到并行控制的一路光路准直控制所要求的最大 CCD 图像数目是 2 幅(远场、近场各 1 幅),对应 1 个束组的最大图像数目为 16 幅,对应 6 个束组的最大图像数目为 96 幅,图像数据的采集 模型如图 3 所示。







图 3 所包含的控制意义与运动控制相同,即可以在任何时间 *t*,确保 6 个束组中任意 1 个光路上的 2 个 CCD 可以同时进行采集控制,这为装置的光路准直并行控制在 CCD 控制方面提供了实际可并行的前提,因为对于任何光路的控制而言,每个时间 *t* 时,最多只需 2 个 CCD 同时运行。

针对 96 幅图像数据的并行处理,则可采用多机(多 CPU)多幅处理和单机多幅处理 2 种方法。其图像处理并 行模型如图 4 所示,表示的图像并行处理意义在于:使用多线程技术,使每个线程对应每个光路的图像处理;另 外,也可理解为把多个线程分配给多个计算机。



Fig.4 Parallel model of image processing 图 4 光路准直图像处理并行模型

#### 2.3 并行处理的计算机系统及并行控制软件设计

在完成对光路准直硬件并行化控制和软件并行操作设计后,则需要有支持应用软件并行操作的操作系统,当 无法提供多 CPU 的计算机和并行操作系统时,可使用多台高性能工业控制机,将光路准直任务按束组或光路分 配给不同的计算机,以期实现多光路的并行执行<sup>[10]</sup>。

并行控制软件能独立完成各个不同光路的准直处理活动,准直控制要达到多路并行控制,在运动控制和图像 采集满足准直并行设计要求后,最后的必要条件则是能提供并行处理能力和计算速度的计算机,原因是最大可能 需要同时处理 96 幅图像数据。

设计的光路准直运动控制结构、图像采集及控制流程,已能够为准直的全过程、光路、光束的并行处理提供物理条件。设定每个光路在任一流程控制的一个动作中,所涉及的 CCD 数不大于 2 台,涉及的电机数目不大于 4 个,则其处理过程是串行的过程,这些处理过程和方法,对所有光路几乎是一样的。这种情况下,所谓的并行 控制则体现在多电机(4 个)的运动控制、多(2 幅)图像的处理上。因此,本文所定义和实现的光路准直并行处理为:同时调整不同光路的多个准直电机运行,同时采集不同光路的多幅图像数据,同时处理不同光路的多个图像数据,同时为不同的光路发送不同的命令控制。

光路准直系统并行控制软件由 3 层组成,分别是现场控制层、集成服务层和集中控制层。现场控制层由 6 套现场控制软件组成,每套现场控制软件对应实现与本束组被控设备的通信控制;集成服务层由 6 套集成服务软件组成,实现现场控制层 6 套软件的集中管理,并为集中控制层、装置其他系统提供通信管理接口;集中控制层 由 1 套集中控制软件组成,为用户提供操作界面,实现准直系统所有设备的集中控制。现场控制层、集成服务层 和集中控制层之间的通信通过跨平台的 CORBA 实现。光路准直系统并行控制软件层次模型如图 5 所示。



Fig.5 Hierarchic model of control software 图 5 光路准直控制软件层次模型图

光路准直系统集中控制软件根据设计模型及工作流程,组合集成服务软件提供的接口,并通过集成服务软件, 完成相关流程的控制操作,实现光路自动准直的集中控制。6套集成服务软件分别集成了6个束组现场控制软件 的所有通信控制接口,为准直系统集中控制软件以及为装置的其他系统提供通信管理接口。现场控制软件根据 CCD、运动控制器各部分提供的基本功能,实现功能初步集成,完成对相应束组设备参数的设置及控制。光路准 直系统控制软件与数据库的数据交互由集成服务层和集中控制层实现。

### 3 结论

本文设计并给出了适合大型激光装置准直控制的并行控制模型,并就光路准直控制模型进行了详细分析,该 模型在光学实验平台上得到了很好的应用,获得了大量有益的实验数据,为即将开展的准直控制流程、图像处理 及运动控制并行算法的工程实现提供了基础。

#### 参考文献:

- Holdener F R, Ables E, Bliss E S, et al. Beam control and diagnostic functions in the NIF transport spatial filter[C]// Proc. of SPIE. Paris, France: [s.n.], 1997:692-699.
- [2] 吕凤年,刘代中,旭仁芳,等. 图像处理在光路自动准直系统中的应用[J]. 光学技术, 2005,3(3):72-74.
- [3] 陈庆浩,徐仁芳,彭增云,等. 用于激光核聚变装置的光路自动准直[J]. 光学学报, 1995, 15(5):531-533.
- [4] 刘代中,朱健强,徐仁芳,等.4 程放大光路自动准直系统研究[J]. 强激光与粒子束, 2004,16(5):582-586.
- [5] 翟学锋,王国富,达争尚. 神光 III 3 ω 光路自动准直系统设计[J]. 应用光学, 2007,28(2):177-180.
- [6] Kirby W F. Application software structures enable NIF operations[R]. CA:Lawrance Livermore Nation Laboretory, UCRL-JC-143317,2001.
- [7] Van Arsdall P J,Bryant R,Carey R,et al. The national ignition facility:Status of the integrated computer control system[R].
  CA:Lawrance Livermore Nation Laboratory,UCRL-ID-152832, 2003.
- [8] Fayad M,SchmidtD,JohnsonR E. Building application frameworks:Object-oriented foundations of framework design[M]. Chichester:Johm Wiley&Sons Ltd, 1999.
- [9] 张广法,唐钟,谢阅. 基于 PROFINET 的网络通讯系统[J]. 信息与电子工程, 2009,7(2):164-167.
- [10] 谢阅,唐钟,虢仲平. 光路自动准直中腔镜及反射镜控制算法[J]. 信息与电子工程, 2010,8(1):111-113.

### 作者简介:



**號仲平**(1964-),男,北京市人,研究员, 研究方向为嵌入式控制及计算机技术与应用 等.email:zpg@caep.ac.cn. **唐** 钟(1979-),男,四川省绵阳市人,硕士, 工程师,主要研究方向为智能控制及计算机软件 与应用等.