



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102221842 A

(43) 申请公布日 2011. 10. 19

(21) 申请号 201110128189. 9

(22) 申请日 2011. 05. 18

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 3888 号

(72) 发明人 贾建禄 王建立 赵金宇 倪明阳 王鸣浩 曹景太

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 陶尊新

(51) Int. Cl.

G06E 1/02 (2006. 01)

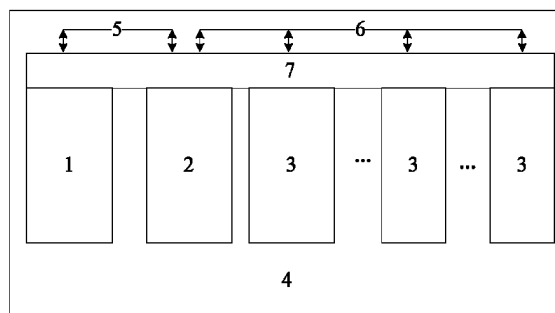
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

千单元可扩展自适应光学系统波前处理器

(57) 摘要

千单元可扩展自适应光学系统波前处理器, 涉及自适应光学系统领域, 它解决现有波前处理器在应用过程中缺乏通用性和扩展性, 并且在大型望远镜中应用波前处理器时存在的设计成本和设计难度大的问题, 本发明包括主控计算机、波前处理主板和可扩展的波前处理子板; 所述主控计算机和波前处理主板通过 PXI 总线进行通信, 波前处理主板和可扩展的波前处理子板通过板间总线进行通信; 所述主控计算机、波前处理主板和可扩展的波前处理子板通过 PXI 连接器插在 PXI 机箱背板上, 整个波前处理器置于 6U 的标准 PXI 工业控制机箱中。本发明的通用性和扩展性好, 且集成度高。



1. 千单元可扩展自适应光学系统波前处理器,其位于 6U 的标准 PXI 工业控制机箱中,该波前处理器包括主控计算机 (1)、波前处理主板 (2) 和可扩展的波前处理子板 (3);其特征是,所述主控计算机 (1) 和波前处理主板 (2) 通过 PXI 总线进行通信,波前处理主板 (2) 和可扩展的波前处理子板 (3) 通过板间总线进行通信;所述主控计算机 (1)、波前处理主板 (2) 和可扩展的波前处理子板 (3) 通过 PXI 连接器插在 PXI 机箱背板 (7) 上;

所述主控计算机 (1) 用于完成过程监控、波前标定,配置和标定数据的下载功能;

所述波前处理主板 (2) 用于完成波前图像的采集,通过 PXI 总线 (5) 上传图像数据给主控计算机 (1),接收主控计算机 (1) 的配置和标定数据、将接收到的配置和标定数据分发到各个波前处理子板 (3)、波前图像的预处理、波前子孔径斜率计算和通过板间总线 (6) 将子孔径斜率计算结果打包同时发送到各波前处理子板 (3) 的功能;

所述波前处理子板 (3) 用于完成波前拟合、控制运算、D/A 转换和促动器所需促动量输出的功能。

2. 根据权利要求 1 所述的千单元可扩展自适应光学系统波前处理器,其特征在于,板间总线采用 LVDS 总线进行通信。

千单元可扩展自适应光学系统波前处理器

技术领域

[0001] 本发明属于自适应光学系统领域,具体涉及自适应光学系统领域中的波前处理。

背景技术

[0002] 波前处理器是自适应光学系统的运算核心,用于把波前探测器探测到的波前畸变信息转化成校正器的控制信号,以实现自适应光学系统的闭环控制。为满足大型地基光电设备对自适应光学系统波前处理的需求,需设计千单元的自适应波前处理系统。同时,自适应光学系统的规模主要根据大气相干长度 r_0 确定,所述自适应光学系统的规模主要包括波前探测器子孔径数量和波前校正器单元数量;当波前探测器的子孔径大小和波前校正器的单元大小与 r_0 相当时,才能较好地补偿大气扰动引起的波前相位畸变。不考虑其他因素引起的波前误差,为了以接近衍射极限的分辨率成像,可以估算系统的规模 N 用以下公式确定:

$$[0003] \quad N = (D/r_0)^2 \quad (1)$$

[0004] 其中 D 为望远镜口径,如对于 4m 级口径的望远镜,当 r_0 为 12cm 时系统的规模约为 1000 单元左右。

[0005] 目前,实际应用中的实时波前处理器大部分是针对特定的大型望远镜而设计的专用波前处理器,缺乏通用性和扩展性。例如在 1998 年九月发表在《光电工程》的一篇论文,题为《帧频 2900Hz 的高速波前处理机》,王春鸿著。61 单元的自适应波前处理系统使用了 17 片 DSP,每片 DSP 又有非常复杂的外围电路。若采用该方式设计 1000 单元的波前处理器将会使得系统非常庞大。加大了系统的设计难度和设计成本。

发明内容

[0006] 本发明为解决现有波前处理器在应用过程中缺乏通用性和扩展性,并且在大型望远镜中应用波前处理器时存在的设计成本和设计难度大的问题,提供一种千单元可扩展自适应光学系统波前处理器。

[0007] 千单元可扩展自适应光学系统波前处理器,其位于 6U 的标准 PXI 工业控制机箱中,该波前处理器包括主控计算机、波前处理主板和可扩展的波前处理子板;所述主控计算机和波前处理主板通过 PXI 总线进行通信,波前处理主板和可扩展的波前处理子板通过板间总线进行通信;所述主控计算机、波前处理主板和可扩展的波前处理子板通过 PXI 连接器插在 PXI 机箱背板上;

[0008] 所述主控计算机用于完成过程监控、波前标定,配置和标定数据的下载功能;

[0009] 所述波前处理主板用于完成波前图像的采集,通过 PXI 总线上传图像数据给主控计算机,接收主控计算机的配置和标定数据、将接收到的配置和标定数据分发到各个波前处理子板、波前图像的预处理、波前子孔径斜率计算和通过板间总线将子孔径斜率计算结果打包同时发送到各波前处理子板的功能;

[0010] 所述波前处理子板用于完成波前拟合、控制运算、D/A 转换和促动器所需促动量输

出的功能。

[0011] 本发明的工作原理：本发明所述的自适应光学系统波前处理器的工作流程包括图像处理、子孔径斜率计算、波前拟合、控制运算和 D/A 转换五大部分。其中图像处理主要包括减背景和阈值分割两大部分；子孔径斜率计算主要完成计算各子孔径质心，质心计算公式为：

$$[0012] \quad x_{spot} = \frac{\sum_i x_i I_{i,j}}{\sum_{i,j} I_{i,j}} \quad y_{spot} = \frac{\sum_j y_j I_{i,j}}{\sum_{i,j} I_{i,j}} \quad (2)$$

[0013] 式中 $I_{i,j}$ 是子孔径内坐标 (x_i, y_i) 处的像素灰度值， (x_i, y_i) 分别是像素在子孔径的 x 和 y 方向上的坐标。计算得到的子孔径质心与参考值做差，得到子孔径斜率。

[0014] 波前拟合即由波前斜率向量 K 乘以波前校正矩阵 M ，得到波面误差 E ：

$$[0015] \quad E = M \times K \quad (3)$$

[0016] 式中波前校正矩阵 M 为 $n \times 2m$ 矩阵， K 为 $2m \times 1$ 斜率向量。其中 n 为所需有效促动器数， m 为有效子孔径数。

[0017] 控制运算采用传统的 PI 控制运算。

[0018] 通过以上分析，波前图像预处理和子孔径斜率计算可以采用图像的像素时钟作为时钟节拍，采用脉动处理电路在图像读取的过程中计算完成，该部分由波前处理主板完成。波前拟合所需的校正矩阵 M 通过事先标定产生，可以对其划分成若干个子校正矩阵 $L_{n1 \times 2m}$ 、 $L_{n2 \times 2m}$ 、 $L_{n3 \times 2m}$ 、 \dots 、 $L_{nm \times 2m}$ ，其中 $n1+n2+n3+\dots+n_m = n$ ，将这些小的校正矩阵分发到不同的波前处理子板。所述波前处理主板通过板间总线将计算所得的斜率向量 K 同时发给不同的波前处理子板；所述波前处理子板将已获得的子校正矩阵与斜率向量 K 做矩阵乘，获得波面误差子向量 E_n ，每个波前处理子板将计算获得的波面误差子向量 E_n 通过控制运算获得促动器所需的促动量。这样就可以通过硬件扩展而不影响波前处理延时的情况下满足不同自适应光学系统的波前处理需求。

[0019] 本发明的有益效果：

[0020] 一、处理和输出能力强；本发明中所设计的波前处理主板和波前处理子板采用 FPGA 作为主运算芯片，算法上采用脉动处理电路，大大提高了其处理能力，同时本发明的最大促动器所需促动量的输出能力为 1200 路。

[0021] 二、通用性和扩展性；本发明采用波前处理主板和波前处理子板结合的方式，可以通过扩展波前处理子板的方式，满足不同规模的自适应光学系统的需求。

[0022] 三、高集成度；整个波前处理器的主控计算机、波前处理主板和可扩展的波前处理子板集成在一个 14 槽的 6U 工业控制机箱中，提高了整个系统的集成度。

附图说明

[0023] 图 1 为本发明所述的千单元可扩展自适应光学系统波前处理器的结构示意图；

[0024] 图 2 为本发明所述的千单元可扩展自适应光学系统波前处理器的原理图。

[0025] 图中：1、主控计算机，2、波前处理主板，3、波前处理子板，4、工控机箱，5、PXI 总线，6、板间总线，7、背板。

具体实施方式

[0026] 具体实施方式一、结合图 1 和图 2 说明本实施方式，千单元可扩展自适应光学系统波前处理器，千单元可扩展自适应光学系统波前处理器，其位于 6U 的标准 PXI 工业控制机箱中，该波前处理器包括主控计算机 1、波前处理主板 2 和可扩展的波前处理子板 3；所述主控计算机 1 和波前处理主板 2 通过 PXI 总线进行通信，波前处理主板 2 和可扩展的波前处理子板 3 通过板间总线进行通信；所述主控计算机 1、波前处理主板 2 和可扩展的波前处理子板 3 通过 PXI 连接器插在 PXI 机箱背板 7 上；

[0027] 所述主控计算机 1 用于完成过程监控、波前标定，配置和标定数据的下载功能；

[0028] 所述波前处理主板 2 用于完成波前图像的采集，通过 PXI 总线 5 上传图像数据给主控计算机 1，接收主控计算机 1 的配置和标定数据、将接收到的配置和标定数据分发到各个波前处理子板 3、波前图像的预处理、波前子孔径斜率计算和通过板间总线 6 将子孔径斜率计算结果打包同时发送到各波前处理子板 3 的功能；

[0029] 所述波前处理子板 3 用于完成波前拟合、控制运算、D/A 转换和促动器所需促动量输出的功能。

[0030] 本实施方式所述的波前处理器最大扩展能力为十块波前处理子板 3。每块波前处理子板 3 可输出 120 路促动器所需促动量。所以该波前处理器可适用与 1 ~ 1200 单元的不同规模的自适应光学系统。

[0031] 结合图 2，所述整个千单元可扩展波前处理器工作的原理：自适应光学系统工作过程分为标定和实时处理两部分。

[0032] 标定过程：由波前处理主板采集波前图像通过 PXI 总线传送给主控计算机进行标定，产生的标定数据发送给波前处理主板。标定数据中的背景图像、图像阈值和参考点坐标数据存储于波前处理主板上的 SRAM 中，标定数据中的控制矩阵在波前处理主板的控制下，分块发送到各个波前处理子板中。

[0033] 实时处理过程：实时处理时，波前处理主板实时采集波前探测器的波前图像，在像素时钟的节拍下完成减背景、阈值分割和子孔径斜率计算的过程。将质心数据打包，通过并行的 10 路板间数据总线同时发送给各个波前处理子板。各波前处理子板在完成波前拟合和伺服控制计算得到促动器所需促动量后会通过板间总线发送处理完成命令字给波前处理主板，波前处理主板在收到所有波前处理子板的处理完成命令字后会通过板间总线同时发送促动量输出命令字给各波前处理子板。从而确保所有波前处理子板同时发出变形镜所需的促动量。

[0034] 本实施方式所述的板间总线为：板间总线采用 LVDS 总线进行通信，波前处理主板上设计 10 片 DS90CR287 芯片，每片芯片将并行的数据编码为 4 对 LVDS 信号传输到对应的波前处理子板 3 上。波前处理子板 3 上设计 DS90CR288 芯片将波前处理主板发送的 4 对 LVDS 信号进行解码为并行数据，完成波前处理主板 2 到波前处理子板 3 的并行数据通信。同时，波前处理主板 2 和波前处理子板 3 上设计了 DS90LV047 和 DS90LV048 芯片，这两种芯片可以完成异步与 DS90CR287 和 DS90CR288 之间的串行数据双向传输。采用本发明所述的板间总线的传输方式有如下优点：

[0035] 一、传输速率高：单通道并行传输的全速速率可达 2.4Gb/s。

[0036] 二、抗干扰性强：由于其利用的是低电压差分传输 (LVDS) 的模式，大大提高了板

间数据的抗干扰性。

[0037] 三、编码总线模式：由于采用的编码总线模式，这样就大大减少了传输数据过程中所用连接线的数量。

[0038] 四、低功耗：采用的 LVDS 传输模式，减少了传输过程中能量的消耗。

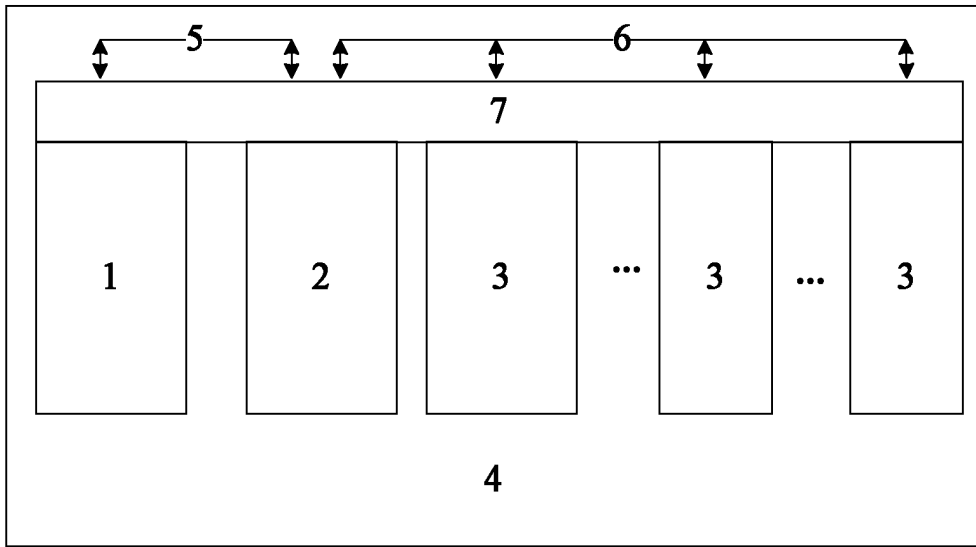


图 1

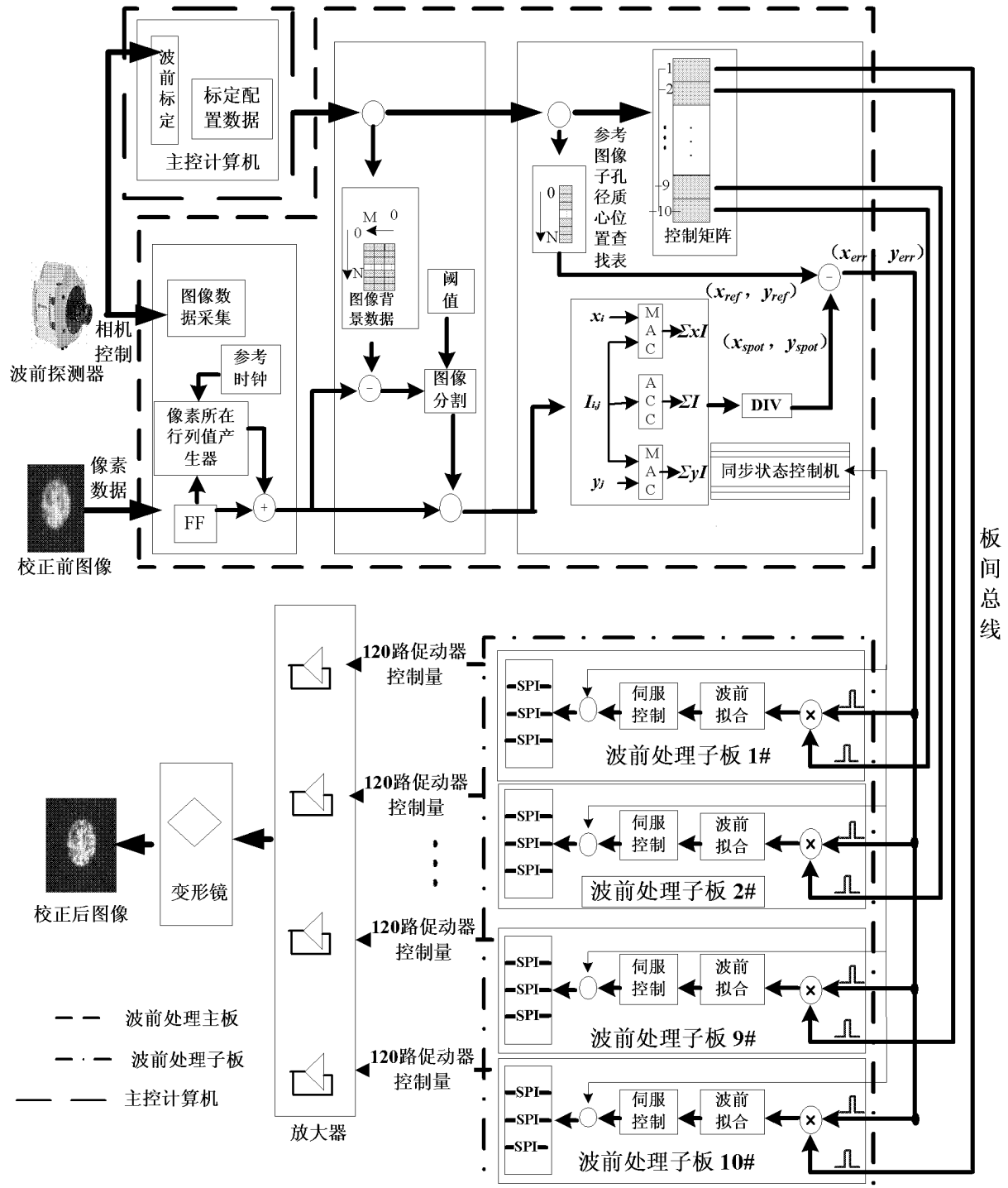


图 2