

贾建禄¹, 王建立¹, 赵金字¹, 刘欣悦¹, 李洪文¹, 王亮^{1,2}, 林旭东¹, 赵雨菲¹

1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所
2. 中国科学院大学

摘要：针对大型地基高分辨率成像望远镜对自适应光学系统波前处理器在输出规模、处理速度和控制带宽方面的要求，研制了千单元级自适应光学系统。设计了一种由主控计算机、波前处理主板和可扩展的波前处理子板相结合，输出规模最大可达1 200单元的自适应光学系统波前处理器。采用大规模逻辑器件作核心处理芯片，用多线并行流水算法缩短波前处理延时，提高系统控制带宽。对设计完成的波前处理器进行了基于961单元变形镜的开环展平实验以及基于137单元变形镜的闭环校正实验。实验结果显示：系统最高采样帧频为2 000 frame/s时，波前运算延时为20.96 μ s，表明文中提出的硬件扩展和多路并行流水算法对于大规模自适应光学系统波前处理可行且有效。

关键词：自适应光学 波前控制器 现场可编程门阵列 千单元

961-element adaptive optical wave-front processor

JIA Jian-lu¹, WANG Jian-li¹, ZHAO Jin-yu¹, LIU Xi-yue¹, LI Hong-Wen¹, WANG Liang^{1,2}, LIN Xu-dong¹, ZHAO Yu-fei³

1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences
2. University of Chinese Academy of Sciences

Abstract: In consideration of the requirements of a large ground-based high resolution imaging telescope for the Wave-front Processor (WFP) of an adaptive optical system in output scales, processing speeds and control bandwidths, an adaptive optical system with thousand elements was explored. The adaptive optical WFP was composed of a master control computer, a wave-front processing host board and expandable wave-front processing sub boards and its output scale could reach the maximum of 1 200 elements. Large-scale logic devices were adopted as main processing chips, and a multithreading parallel pipeline algorithm was used to shorten the wave-front processing delay and promote the controlling bandwidth of the system. Then, an open loop experiment based on 961-element deformable mirror and a closed corrected experiment based on 137-element deformable mirror were performed. The result shows that the wave-front processing delay is 20.96 μ s when the maximum sampling rate is 2000 frame/s, which demonstrates that the hardware expanding circuit and multithreading parallel pipeline algorithm are feasible and effective for the wave-front processing of the adaptive optical systems.

Keywords: adaptive optics Wave-front controller Field Programmable Gate Array (FPGA) thousand elements

收稿日期 2012-10-17 修回日期 2012-12-26 网络版发布日期 2013-06-20

基金项目：

通讯作者：贾建禄

作者简介：贾建禄(1982-)，男，内蒙赤峰人，博士，助理研究员，2006年、2000年于天津大学分别获得学士、硕士学位，2012年于中国科学院长春光学精密机械与物理研究所获得博士学位，主要从事自适应光学系统波前处理的研究。

作者Email: jianlucomp@163.com

参考文献：

- [1]林旭东, 薛陈, 刘欣悦, 等. 自适应光学波前校正器技术发展现状[J]. 中国光学, 2012, 5(4): 337-351. LIN X D, XUE CH, LIU X Y, et al.. Current status and research development of wavefront correctors for adaptive optics[J]. Chinese Optics, 2012, 5(4): 337-351. (in Chinese)
- [2]曹召良, 李小平, 宣丽, 等. 液晶自适应光学的研究进展[J]. 中国光学, 2012, 5(1): 12-19. CAO ZH L, LI X P, XUAN L, et al.. Recent progress in liquid crystal adaptive optical techniques[J]. Chinese Optics, 2012, 5(1): 12-19. (in Chinese)
- [3]王建立, 陈涛, 张景旭, 等. 地基高分辨率光电成像望远镜总体需求及关键技术分析[J]. 光学精密工程, 2008, 16(5): 2-16. WANG J L, CHEN T, ZHANG J X, et al.. General requirements and key technologies for the ground-based high resolution EO imaging telescope[J]. Opt. Precision Eng., 2008, 16(5): 2-16. (in Chinese)
- [4]GOODSELL S J, FEDRIGO E, DIPPER N A, et al.. FPGA developments for the SPARTA project[J]. SPIE, 2005, 5903: 59030G1-12.
- [5]GOODSELL S J, GENG D, FEDRIGO E, et al.. FPGA developments for the SPARTA project: Part 2[J]. SPIE, 2006, 6272: 6272411-12.
- [6]GOODSELL S J, GENG D, YOUNGER E J, et al.. FPGA developments for the SPARTA project: Part 3 [J]. SPIE, 2007, 6691: 6691031-12.
- [7]SDUNCAN T S, VOAS J K, EAGER R J, et al.. Low-latency adaptive optical system processing electronics[J]. SPIE, 2003, 4839: 923-934.
- [8]WANG C X, LI M, WANG CH H, et al.. Real time implementing wave-front reconstruction for adaptive optics [J]. SPIE, 2004, 5639: 199-204.
- [9]ABREU R, CHADWICK D, AMICO R D, et al.. The SAAO adaptive optics system[J]. SPIE, 2000, 3931: 272-284.
- [10]PENG X F, LI M, RAO CH H, et al.. A kind of FPGA-based correlating Shack-Hartmann wave-front processor [J]. SPIE, 2008, 7130: 71303Z-1-6.
- [11]SANDLER D G, LLOYD-HART M, MARTINEZ T Y, et al.. The 6.5 m MMT infrared adaptive optics system: detailed design and progress report [J]. SPIE, 2010, 2534: 374-377.
- [12]BENDEK E A, HART M, POWELL K B, et al.. Status of the 6.5 m MMT telescope laser adaptive optics system[J]. SPIE, 2010, 7736: 77360O-1-12.
- [13]贾建禄, 王建立, 赵金字, 等. 基于FPGA的自适应光学系统波前处理器[J]. 光学精密工程, 2011, 19(8): 1716-1722. JIA J L, WANG J L, ZHAO J Y, et al.. Technology for adaptive optical wave-front processor based on FPGA [J]. Opt. Precision Eng., 2011, 19(8): 1716-1722. (in Chinese)

本刊中的类似文章

1. 张宇 张立国 张星祥. 行间转移大面阵CCD相机Smear噪声实时去除[J]. 光学精密工程, 2013, 21(9): 2388-2394

2. 王斌 汪宗洋 吴元昊 马鑫雪 卫沛锋 王建立 吕杰.利用多通道相位差异波前探测法检测自适应光学系统非共光路像差[J]. 光学精密工程, 2013,21(7): 1683-1692
3. 赵慧洁 刘小康 张颖.声光可调谐滤波成像光谱仪的CCD成像电子学系统[J]. 光学精密工程, 2013,21(5): 1291-1296
4. 李满良 吴钦章.光电经纬仪CCD曝光中心测量系统的设计[J]. 光学精密工程, 2013,21(5): 1304-1311
5. 贾建禄 王建立 赵金宇 王国强.自适应光学系统波前处理算法的优化[J]. 光学精密工程, 2013,21(4): 1026-1031
6. 陈浩 宣丽 胡立发 曹召良 穆全全.大气相干长度的稳定测量[J]. 光学精密工程, 2013,21(4): 911-918
7. 林旭东 刘欣悦 王建立 王富国 卫沛锋.137单元变形镜性能测试及校正能力实验[J]. 光学精密工程, 2013,21(2): 267-273
8. 刘丽丽 黄涛 蔡敏 高明 封文江.大视场液晶自适应视网膜成像系统[J]. 光学精密工程, 2013,21(2): 301-307
9. 夏巧桥 汪鼎文 张立国 吴敏渊 陈曦.高速多通道遥感相机快视系统的实现[J]. 光学精密工程, 2013,21(1): 158-166
10. 李爽, 王瑞光, 严飞.全彩发光二极管交通诱导屏光纤传输系统[J]. 光学精密工程, 2012,(8): 1854-1861
11. 卢振华, 郭永飞, 李云飞, 吕恒毅.利用CCD拼接实现推扫式遥感相机的自动调焦[J]. 光学精密工程, 2012,20(7): 1559-1565
12. 许文海, 吴厚德.超高分辨率CCD成像系统的设计[J]. 光学精密工程, 2012,20(7): 1603-1610
13. 梁春, 沈建新, 钮赛赛.基于半盲解卷积复原的高分辨率视网膜成像系统[J]. 光学精密工程, 2012,20(6): 1374-1381
14. 邓春健, 安源, 吕焱, 李文生, 邹坤.显示信息高速串行传输的差错控制[J]. 光学精密工程, 2012,20(3): 632-642
15. 刘莹, 马剑强, 何挺, 李保庆, 褚家如.模拟退火-爬山混合算法用于无波前传感器快速像差校正[J]. 光学精密工程, 2012,20(2): 213-219