

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017年7月6日 (06.07.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/113540 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 5/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/079133
- (22) 国际申请日: 2016年4月13日 (13.04.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
2015110028760 2015年12月28日 (28.12.2015) CN
- (71) 申请人: 华中科技大学 (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
- (72) 发明人: 张天序 (ZHANG, Tianxu); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 侯旋 (HOU, Xuan); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 章川 (ZHANG, Chuan); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 刘立 (LIU, Li); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 陈泉 (CHEN, Quan); 中国湖北省武汉洪山珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 钟奥 (ZHONG, Ao); 中国湖北

省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。
许明星 (XU, Mingxing); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。 周雨田 (ZHOU, Yutian); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号, Hubei 430074 (CN)。

- (74) 代理人: 武汉东喻专利代理事务所 (普通合伙) (WUHAN DONGYU PATENT AGENCY); 中国湖北省武汉洪山区珞喻路 1037 号东一楼 340, Hubei 430074 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH,

[见续页]

(54) Title: AERODYNAMIC OPTICAL EFFECT CORRECTION AND IDENTIFICATION INTEGRATED REAL-TIME PROCESSING SYSTEM AND METHOD

(54) 发明名称: 一种气动光学效应校正识别一体化实时处理的系统和方法

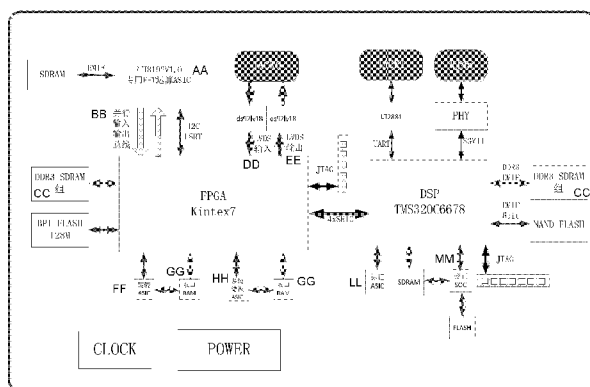


图 1

AA FFT182V1.0 dedicated FFT algorithm ASIC
BB Parallel input/output bus
CC DDR3 SDRAM group
DD LVDS input
EE LVDS output
FF Rotary ASIC
GG Double-port RAM
HH Multi-level filter ASIC
LL Tab ASIC
MM Correction SOC

(57) Abstract: An aerodynamic optical effect correction and identification integrated real-time processing system, comprising an FPGA module, a multi-core main processor DSP, a plurality of auxiliary processors ASICs and an infrared image non-uniformity correction system-on-chip (SoC). By means of the system, full-image thermal radiation correction, denoising, transmission effect correction and target detection processes of an aerodynamic optical effect degradation image are achieved. Correspondingly, provided is the corresponding method. The system effectively solves the problem of aerodynamic optical effect and the problem of the requirement for a short detection time interval of the processor in an aircraft flying at a high speed; due to the adoption of the independently researched and developed ASIC, the real-time property of the whole system is greatly improved; all tasks are rationally distributed and a multi-core parallel mode is adopted, so the image processing time is greatly shortened; and meanwhile, the FPGA module connects all units to form a closed-loop system, so that the system stability is further improved.

(57) 摘要:

[见续页]



CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD,
TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种气动光学效应校正识别一体化实时处理系统，包括 FPGA 模块、多核主处理器 DSP、多个协处理器 ASIC 及红外图像非均匀性校正片上系统 SoC，通过上述系统完成气动光学效应退化图像的全图热辐射校正、去噪、传输效应校正及目标检测过程。相应的，提出了一种与之对应的方法。该系统能够有效解决气动光学效应问题以及飞行器高速飞行条件下要求处理器在完成探测处理时间间隔短的问题，通过采用自主研发的专用 ASIC，使得整个系统的实时性大大提升；对各任务进行合理分配并采用多核并行的方式，大大缩短了图像的处理时间；同时，FPGA 模块将各单元连接成闭环系统，进一步提高了系统的稳定性。

一种气动光学效应校正识别一体化实时处理的系统和方法

【技术领域】

本发明属于航天技术与图像处理相结合的交叉科学技术领域，具体涉及一种气动光学效应校正识别一体化实时处理系统和方法。

【背景技术】

二十世纪末以来，高超声速飞行器逐渐成为航空航天领域的重要发展方向。无论是在高科技产业，还是在经济领域都具有极高的战略意义，主要体现在洲际飞行器以及空天飞机等飞行器的大力发展。但是由于飞行器的高速性带来的严酷的成像环境使得成像传感器成像品质劣化，信噪比、信杂比大幅降低，探测距离大幅下降；此外飞行器的高速运动导致处理器在完成探测处理时间间隔更短，对有限的处理能力提出了更加严峻的挑战。所以超高声速飞行器的发展还面临着这样一系列的气动光学效应问题以及对应的校正算法计算相当复杂的难题。

气动光学效应主要包括气动光学传输效应和气动热辐射效应。气动光学传输效应通常是指带有光学成像探测系统的高速飞行器在大气层内飞行时，光学头罩与来流之间形成复杂的流场，对光学成像探测系统造成除热辐射外的光学波前传输畸变或传输干扰，引起被观测对象图像的偏移、抖动、模糊；而气动热辐射效应指的是在高温高压气体的影响下，原本光学特性均匀的窗口外形将产生畸变，并且在内部形成了折射率梯度分布，当平面波入射到畸变窗口时，出射后的等光程波面偏离了理想波面，波面发生畸变，从而导致成像模糊。

目前已经具备相应的气动光学传输效应校正算法以及气动热辐射效应校正算法，但还没有同时具备这两种校正算法，带有识别功能并且具有体积小、重量轻、功耗低、处理速度快以及结构明确等特点的实时处理系统。

【发明内容】

针对现有技术的以上缺陷或不足，本发明提出了一种气动光学效应校正识别一体化实时处理系统及方法，有效解决了飞行器高速飞行条件下要求处理器在完成探测处理时间间隔短的问题。本发明同时具备硬件系统的结构设计和算法软件系统的流程设计，主要针对气动光学效应退化图像的去噪、气动热辐射校正、气动光学传输效应校正以及目标检测与识别的实时处理展开，并采取任务分配和多核并行的处理方式，使得整个系统的实时性大大提升。

为实现上述目的，本发明提出了一种气动光学效应校正识别一体化实时处理系统，其特征在于，所述系统包括 FPGA 模块、多核主处理器 DSP、多个协处理器 ASIC 及红外图像非均匀性校正片上系统 SoC：

所述 FPGA 模块，与所述多核主处理器 DSP 相连，用于接收并缓存气动光学效应退化图像数据及接收处理后的图像数据以及对应的图像信息；

所述多核主处理器 DSP，与 FPGA 模块相连，用于读取 FPGA 模块端退化图像信息及接收退化图像数据，并通过调用红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 及多个协处理器 ASIC 对退化图像数据进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正及目标检测、识别，并将处理后的图像数据以及对应的图像信息发送给 FPGA 模块；

所述多个协处理器 ASIC，用于对按其功能划分，分别用于对图像的预处理、算法的加速处理以及目标检测与识别；

所述红外图像非均匀性校正片上系统 SoC，用于对退化的红外图像数据进行非均匀性校正。

作为进一步优选的，所述多核主处理器 DSP 包括 Core0~Core7：

所述 Core7，与 FPGA 模块相连，一方面用于读取 FPGA 模块图像信息并创建相应大小的图像缓冲区，并将缓冲区的信息发送至 FPGA 模块；另一方面用于接收 FPGA 模块写入相应图像缓冲区的退化图像数据并通知 Core0 进行后续的图像数据处理；还用于接收处理后的图像数据及图像信息

并将其发送给 FPGA 模块；

所述 Core0，一方面用于对接收到的退化图像数据，先通过调用校正 SoC 对其进行非均匀性校正，然后通过调用多个协处理器 ASIC 进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正以及目标检测。

作为进一步优选的，所述 Core0 可通过 OpenMP 来引导 Core0~Core6 对退化图像数据进行并行处理。

作为进一步优选的，所述多个协处理器 ASIC 具体包括 FFT 运算 ASIC、旋转 ASIC、多级滤波 ASIC 及标记 ASIC。

作为进一步优选的，所述 FPGA 模块、多核主处理器 DSP、多个协处理器 ASIC 及红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 均可配有扩展存储器，所述 FPGA 模块、多核主处理器 DSP 以及红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 还可配置有掉电不易失 FLASH 器件。

按照本发明的另一方面，提出了一种气动光学效应校正识别一体化实时处理方法，其特征在于，所述方法包括：

- (1) 利用 FPGA 模块接收并缓存气动光学效应退化图像数据；
- (2) 多核主处理器 DSP 读取 FPGA 模块端退化图像信息，并接收退化图像数据；
- (3) 多核主处理器 DSP 调用红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 及多个协处理器 ASIC 对图像数据进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正及目标检测；
- (4) 多核主处理器 DSP 将处理后的图像数据以及图像信息发送给 FPGA 模块。

作为进一步优选的，所述步骤 (3) 具体包括：

(3.1) 所述多核主处理器 DSP 的 Core7，读取 FPGA 模块退化图像信息并创建相应大小的图像缓冲区，并将缓冲区的信息发送至 FPGA 模块；

(3.2) 所述 Core7 接收 FPGA 模块写入图像缓冲区的退化图像数据并

通知 Core0 进行后续的图像数据处理;

(3.3) 所述 Core0 对接收到的退化图像数据, 先通过调用校正 SoC 对其进行非均匀性校正, 然后通过调用多个协处理器 ASIC 进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正以及目标检测;

(3.4) 所述 Core7 将处理后图像数据及图像信息发送给 FPGA 模块。

作为进一步优选的, 所述 Core0 可通过 OpenMP 来引导 Core0~Core6 对图像数据进行并行处理。

作为进一步优选的, 所述多个协处理器 ASIC 具体包括 FFT 运算 ASIC、旋转 ASIC、多级滤波 ASIC 及标记 ASIC。

作为进一步优选的, 所述目标检测具体包括:

首先, 多核主处理器 DSP 通过 FPGA 模块将处理后的图像数据传送到多级滤波 ASIC 进行多级滤波操作, 然后将滤波后的结果传送到标记 ASIC 对图像进行标记, 最终将标记结果送回 DSP 进行特征提取以及目标形心跟踪处理。

总体而言, 按照本发明点的以上技术方案与现有技术相比, 主要具备以下的技术优点:

1、本发明系统包括红外图像的非均匀性校正、旋转、图像去噪、气动热辐射效应校正、气动光学传输效应校正以及目标识别等过程, 其中图像非均匀性校正、旋转以及目标识别过程中的多级滤波和标记均采用自主研发设计的专用 ASIC 来处理, 显著提升了整个系统的实时性;

2、此外, 本发明系统及方法中多核主处理器 DSP 主导退化图像数据处理过程的执行, 且对任务进行合理分配并采用多核并行的方式执行, 大大缩短了退化图像的处理时间; 同时, 本发明中的 FPGA 模块充当系统互连的角色, 将各个单元合理的连接到一块形成整个系统的闭环, 进一步提高了系统的稳定性。

3、按照本发明提出的气动光学效应校正识别一体化实时处理系统和方

法，能有效的解决气动光学效应问题以及飞行器高速飞行条件下要求处理器在完成探测处理时间间隔短的问题，且未存在过多的计算复杂度，便于操控，因而具有一定的可实施性及实用推广价值。

【附图说明】

图 1 为气动校正识别一体化处理系统的硬件系统结构框图；
图 2 为专用 FFT 运算 ASIC（FFT8092V1.0）的整体框图；
图 3 为标记 ASIC 的系统框图；
图 4 为多级滤波 ASIC 的系统框图；
图 5 为校正 SoC 的系统框图；
图 6 为旋转 ASIC 的互连框图；
图 7 为气动光学效应校正软件框图；
图 8 为热辐射效应校正算法流程及任务分配图；
图 9 为图像去噪算法流程及任务分配图；
图 10（a）为气动光学传输效应校正算法的外迭代流程图；
图 10（b）为气动光学传输效应校正算法的点扩展函数（PSF）估计流程图；
图 10（c）为气动光学传输效应校正算法的目标图像估计流程图；
图 10（d）为气动光学传输效应校正算法任务分配图；
图 11 为 DSP 多核调度图；
图 12（a）为 DSP Core7 处理流程图；
图 12（b）为 DSP Core0~Core6 处理流程图；
图 13 为目标识别流程图。

【具体实施方式】

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

硬件系统：

(1) 硬件系统的核心器件为一颗 TI 公司生产的 TMS320C6678 多核主处理器 DSP，一颗 XILINX 公司生产的 Kintex7 FPGA 模块；ASIC 均采用的是自主研发的芯片，包括一颗专用 FFT（Fast Fourier Transform）运算的 ASIC（FFT8192V1.0）、一颗红外图像非均匀性校正片上系统 SoC、一颗旋转 ASIC、一颗多级滤波 ASIC 以及一颗标记 ASIC。每颗器件根据需求均配有扩展存储器，此外 FPGA 模块、DSP 以及 SoC 还配置有掉电不易失的 FLASH 器件，便于程序的固化。

(2) 在本发明中 DSP 作为主处理器，控制算法流程；ASIC 作为协处理器，校正 SoC 和旋转 ASIC 用在图像预处理方面，多级滤波 ASIC 和标记 ASIC 用在目标检测和识别方面，专用 FFT 运算 ASIC 则用来计算消耗较大的 FFT 运算；FPGA 主要用来做接口设计。DSP 与 FPGA 之间采用一组 4 × SRIO（Serial Rapid I/O）进行数据传输；DSP 与 FFT 运算 ASIC 之间采用并行输入输出总线进行数据传输并通过 I2C 总线或同步串口的方式对其工作方式设置。

(3) 图像数据通过 LVDS(Low Voltage Differential Signaling)信号接口进入 FPGA 模块，FPGA 模块先对数据进行缓存，由于红外相机的成像因素，需要通过调用校正 SoC 对红外图像进行非均匀性校正；然后 DSP 通过 SRIO 将数据读入到 DSP 的存储器中然后对数据进行处理。当算法涉及到 FFT 或 IFFT 运算部分时，DSP 会将该数据送入到 ASIC 进行计算，然后再将数据读回 DSP 进行后续处理。由于飞行器在飞行过程中会有旋转的过程，此时 DSP 会通过 FPGA 调用旋转 ASIC 对图像进行校正。完成一帧处理后 DSP 调用多级滤波 ASIC 和标记 ASIC 进行目标识别，并将校正后的图像以及目标位置信息通知 FPGA，FPGA 收到消息后在将数据传送出去，至此完成整个气动光学效应校正以及目标识别算法。

软件系统：

(1) 软件系统包括气动热辐射效应校正、图像去噪、气动光学传输效应校正，目标检测与识别等过程。根据气动光学效应退化机理，整个校正过程的框架为：首先进行气动热辐射校正，然后进行去噪处理，之后在做气动光学传输效应校正，经以上处理完成对图像的恢复，最后在进行目标检测与识别。

(2) 针对气动光学效应的复杂性，通过对算法有效性的研究，对以上三种处理过程分别提出了适合并有效的校正算法分别为：基于梯度拟合的气动热辐射校正算法、利用目标频域特性的频域滤波方法和 Hu 矩约束下的最大似然估计算法。由于以上算法中涉及到大量的 FFT/IFFT 运算，并且这部分运算消耗较大，所以在本发明中使用了自主研发的专用 FFT 运算 ASIC 来对算法进行加速，并且将相对成熟的非均匀性校正、旋转、标记、多级滤波等算法做成 ASIC 来使用，进而提升处理的实时性。

基于 ASIC+FPGA+DSP 结构的气动校正识别一体化实时处理系统的硬件框图如图 1 所示，软件流程如图 7 所示。

具体实现过程为：

(1) 气动光学效应退化图像数据通过 LVDS 信号接口传输至 FPGA，FPGA 对数据进行缓存。

(2) DSP Core7 通过 SRIO 与 FPGA 进行通信，通过 NREAD 事务读取 FPGA 端退化图像信息（分辨率、图像格式）创建相应大小的图像缓冲区，然后将缓冲区的信息通过 NWRITE_R 事务发送给 FPGA。

(3) DSP Core7 通过 Doorbell 事务通知 FPGA 地址信息已发送完成表示 FPGA 可以向该缓冲区写入退化图像数据，然后 FPGA 根据地址映射表将退化图像数据通过 NWRITE_R 事务写入相应的缓冲区，完成后通过 Doorbell 事务通知 DSP Core7 当前退化图像数据完整。

(4) DSP Core7 通知 Core0 退化图像数据已就绪可以进行后续的处理；

(5) Core0 在接收到第一帧退化图像数据后，先通过调用校正 SoC 对

图像进行非均匀性校正，如图 5 所示为校正 SoC 的系统框图。然后对图像进行全图热辐射校正、去噪以及传输效应校正，然后对全图进行预检测，并提取出分辨率为 64×64 大小的感兴趣区域，之后在该区域进行校正，将校正后的子图还原到原图中检测目标位置，此时可以确定目标的精确位置。

具体而言，全图热辐射校正方法采用的是基于梯度拟合的气动热辐射校正算法，该方法是通过气动光学效应退化图像进行灰度偏移场拟合，然后用该退化图像减去估计出的灰度偏移场，从而得到气动热辐射校正图像，其流程图如图 8 所示。全图去噪采用的是利用目标频域特性的频域滤波方法，以点源目标为例进行具体说明，根据点源目标以及噪声的频谱分布特性构建不同半径的高斯环状滤波器，然后对含有噪声的图像进行傅里叶变换（这部分计算在 FFT 运算 AISC 中实现），然后将其与滤波器作点乘然后进行傅里叶逆变换操作得到去噪后的图像，如图 9 所示。传输效应校正方法采用的是 Hu 矩约束下的最大似然估计算法，该算法的特性就是通过对点扩展函数（PSF）和图像进行反复的迭代来进行图像的复原，整个算法流程以及其在硬件系统上实现的分布如图 10 所示。

（6）在进行连续多帧处理时，由于帧频较快，下一帧和上一帧目标所在的位置偏差很小，所以在对下一帧处理时首先进行全图热辐射校正，然后直接以上一帧目标所在的位置为中心提取出分辨率为 64×64 大小的感兴趣区，然后直接对该区域进行去噪与校正处理，最终再进行目标检测，所有算法在 DSP 中执行的具体过程如图 12 所示。

目标检测的具体过程为：DSP 通过 FPGA 将处理后的图像数据传送到多级滤波 ASIC 进行多级滤波操作，然后将滤波后的结果传送到标记 ASIC 对图像进行标记，最终将标记结果送回 DSP 进行特征提取以及目标形心跟踪等处理，整个过程由 DSP 作为主导，其处理流程如图 13 所示。图 3 和图 4 分别展示了标记 ASIC 与多级滤波 ASIC 的结构框图。

(7) Core0 在执行过程中, 需要使用 FFT/IFFT 运算时, 将退化图像数据通过 FPGA 传送到 FFT 运算 ASIC, 其系统结构如图 2 所示, 并对该 ASIC 进行配置, ASIC 处理完成后再将数据送回至 DSP, Core0 继续执行; 在需要将图像旋转时, 通过调用旋转 ASIC 进行旋转操作, 图 6 显示了旋转 ASCII 的典型连接方式; 在遇到大量复杂循环操作时, Core0 通过调用 OpenMP 来引导 Core0~Core6 对这部分循环进行并行处理, 多核调度过程如图 11 所示, 处理完成后将图像信息(分辨率, 图像格式, 存储地址)发送给 Core7。

(8) Core7 通过 SRIO 将图像数据以及图像信息发送给 FPGA, FPGA 收到数据后最终通过 LVDS 信号接口将数据传输到下一级处理系统, 完成整个气动光学效应校正识别过程。

本领域的技术人员容易理解, 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种气动光学效应校正识别一体化实时处理系统，其特征在于，所述系统包括 FPGA 模块、多核主处理器 DSP、多个协处理器 ASIC 及红外图像非均匀性校正片上系统 SoC：

所述 FPGA 模块，与所述多核主处理器 DSP 相连，用于接收并缓存气动光学效应退化图像数据及接收处理后的图像数据以及对应的图像信息；

所述多核主处理器 DSP，与 FPGA 模块相连，用于读取 FPGA 模块端退化图像信息及接收退化图像数据，并通过调用红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 及多个协处理器 ASIC 对退化图像数据进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正及目标检测，并将处理后的图像数据以及对应的图像信息发送给 FPGA 模块；

所述多个协处理器 ASIC，用于对退化图像数据进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正以及目标检测；

所述红外图像非均匀性校正片上系统 SoC，用于对退化图像数据进行非均匀性校正。

2、如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述多核主处理器 DSP 包括 Core0~Core7：

所述 Core7，与 FPGA 模块相连，一方面用于读取 FPGA 模块图像信息并创建相应大小的图像缓冲区，并将缓冲区的信息发送至 FPGA 模块；另一方面用于接收 FPGA 模块写入相应图像缓冲区的退化图像数据并通知 Core0 进行后续的图像数据处理；还用于接收处理后的图像数据及图像信息并将其发送给 FPGA 模块；

所述 Core0，一方面用于对接收到的退化图像数据，先通过调用校正 SoC 对其进行非均匀性校正，然后通过调用多个协处理器 ASIC 进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正以及目标检测。

3、如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述 Core0 可通过 OpenMP 来引导 Core0~Core6 对退化图像数据进行并行处理。

4、如权利要求 1-3 任一项所述的系统，其特征在于，所述多个协处理器 ASIC 具体包括 FFT 运算 ASIC、旋转 ASIC、多级滤波 ASIC 及标记 ASIC。

5、如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，所述 FPGA 模块、多核主处理器 DSP、多个协处理器 ASIC 及红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 均可配有扩展存储器，所述 FPGA 模块、多核主处理器 DSP 以及红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 还可配置有掉电不易失 FLASH 器件。

6、一种气动光学效应校正识别一体化实时处理方法，其特征在于，所述方法包括：

(1) 利用 FPGA 模块接收并缓存气动光学效应退化图像数据；

(2) 多核主处理器 DSP 读取 FPGA 模块端退化图像信息，并接收退化图像数据；

(3) 多核主处理器 DSP 调用红外图像非均匀性校正片上系统 SoC 及多个协处理器 ASIC 对图像数据进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正及目标检测；

(4) 多核主处理器 DSP 将处理后的图像数据以及图像信息发送给 FPGA 模块。

7、如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述步骤 (3) 具体包括：

(3.1) 所述多核主处理器 DSP 的 Core7，读取 FPGA 模块退化图像信息并创建相应大小的图像缓冲区，并将缓冲区的信息发送至 FPGA 模块；

(3.2) 所述 Core7 接收 FPGA 模块写入图像缓冲区的退化图像数据并通知 Core0 进行后续的图像数据处理；

(3.3) 所述 Core0 对接收到的退化图像数据，先通过调用校正 SoC 对其进行非均匀性校正，然后通过调用多个协处理器 ASIC 进行全图热辐射校正、去噪、传输效应校正以及目标检测；

(3.4) 所述 Core7 将处理后图像数据及图像信息发送给 FPGA 模块。

8、如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述 Core0 可通过 OpenMP 来引导 Core0~Core6 对图像数据进行并行处理。

9、如权利要求 6-8 任一项所述的方法，其特征在于，所述多个协处理器 ASIC 具体包括 FFT 运算 ASIC、旋转 ASIC、多级滤波 ASIC 及标记 ASIC。

10、如权利要求 6-8 任一项所述的方法，其特征在于，所述目标检测具体包括：

首先，多核主处理器 DSP 通过 FPGA 模块将处理后的图像数据传送到多级滤波 ASIC 进行多级滤波操作，然后将滤波后的结果传送到标记 ASIC 对图像进行标记，最终将标记结果送回 DSP 进行特征提取以及目标形心跟踪处理。

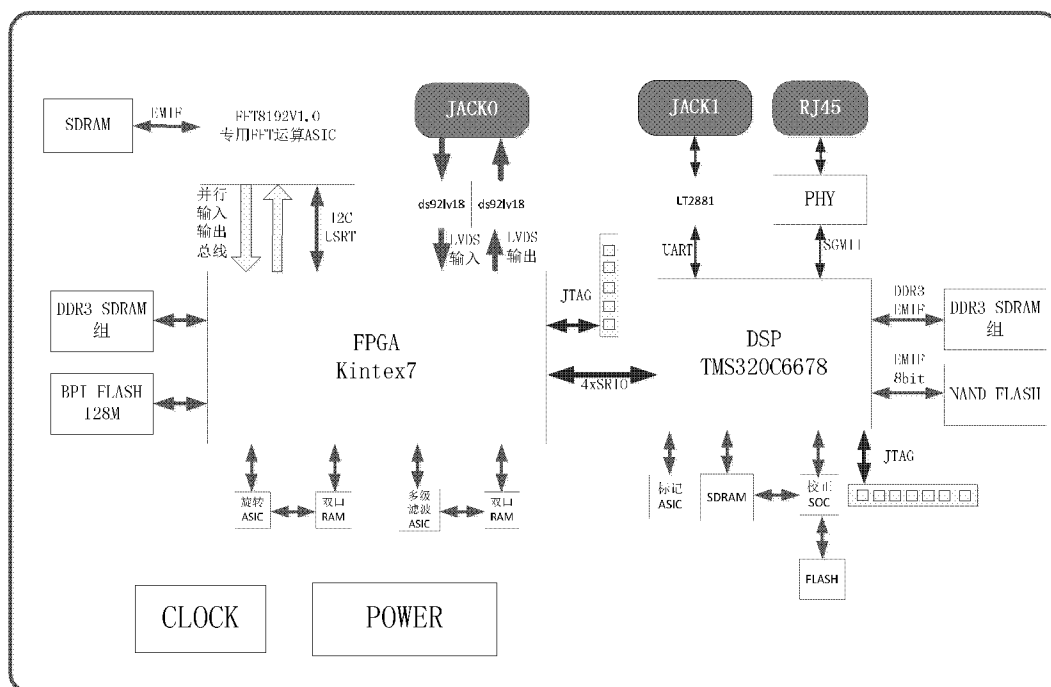


图 1

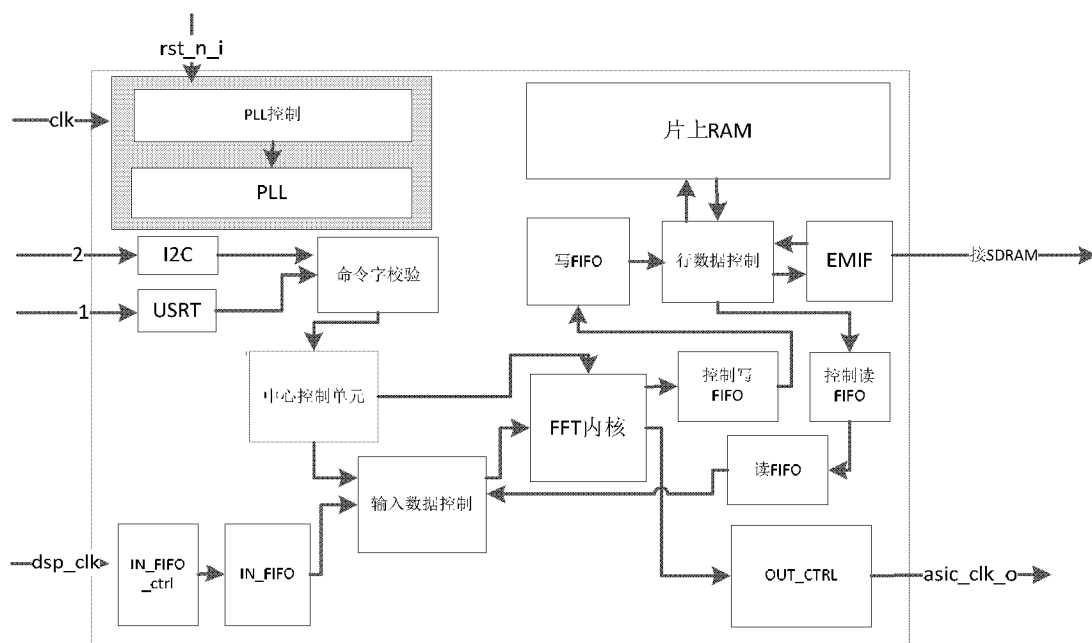


图 2

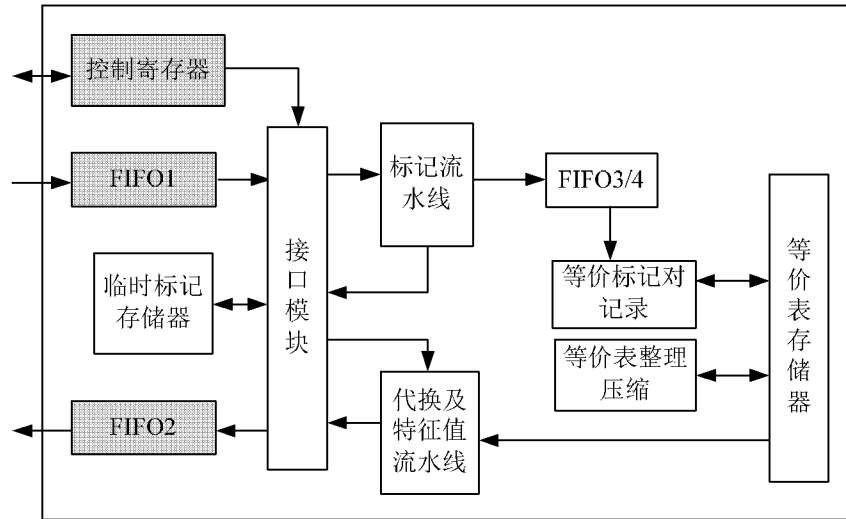


图 3

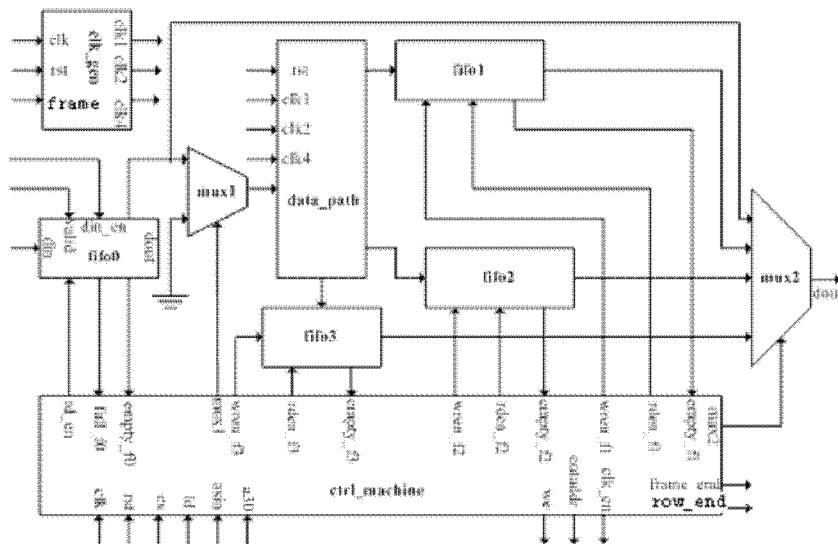


图 4

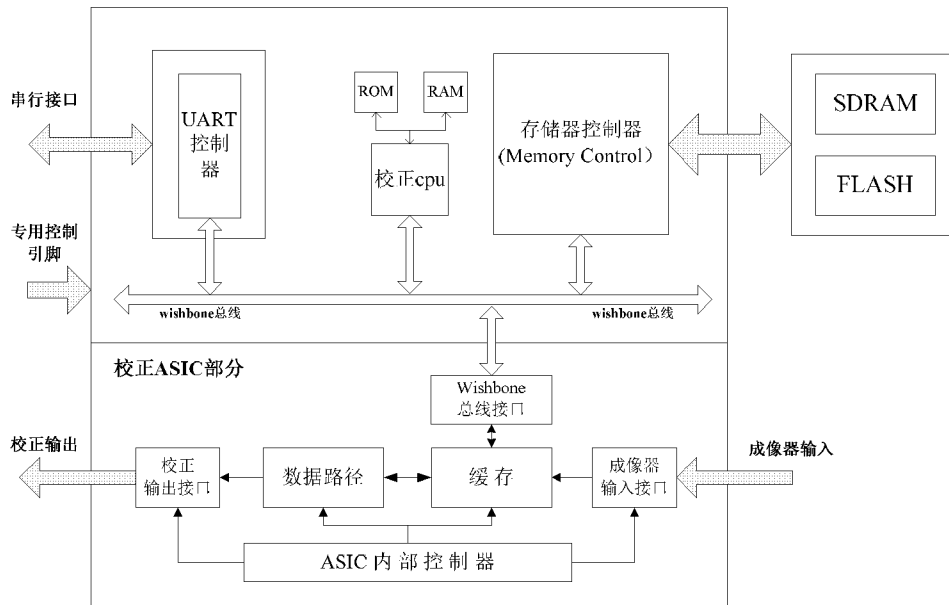


图 5

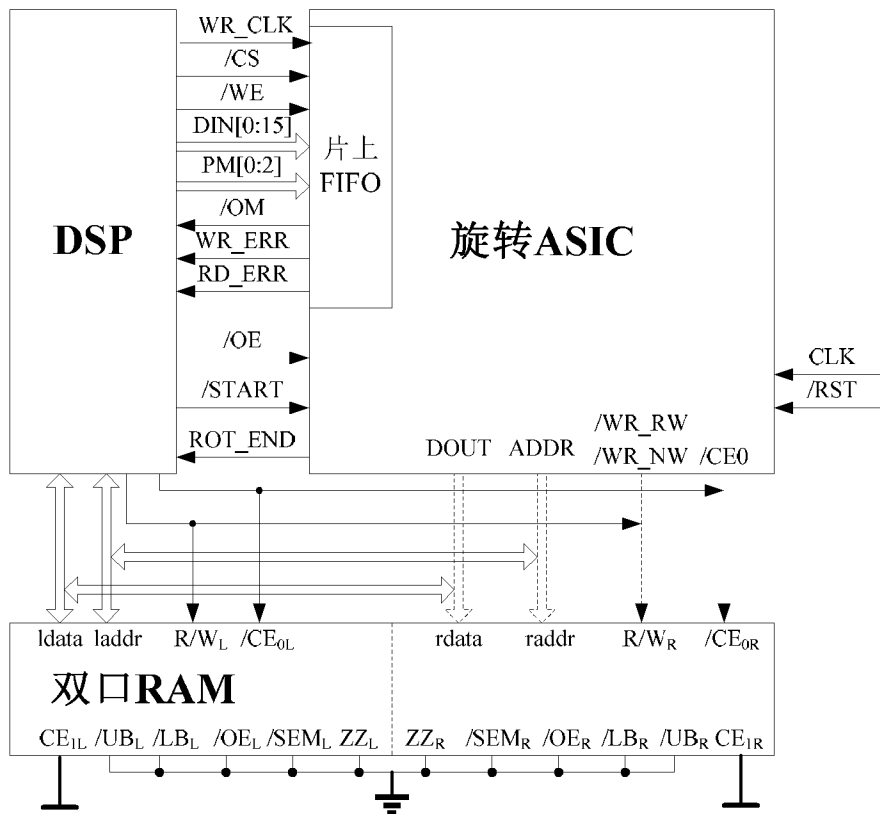


图 6



图 7

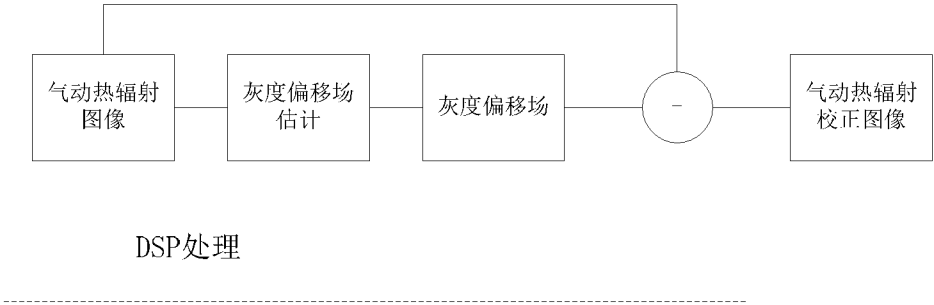


图 8

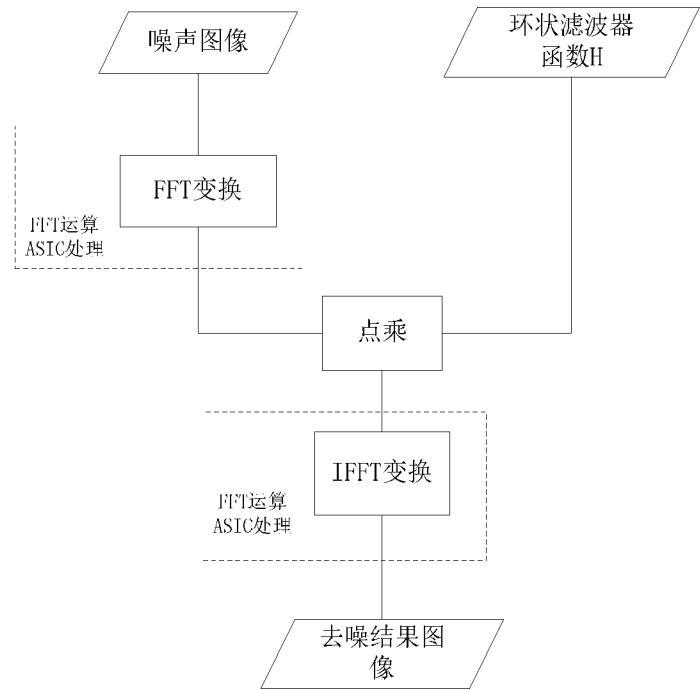


图 9

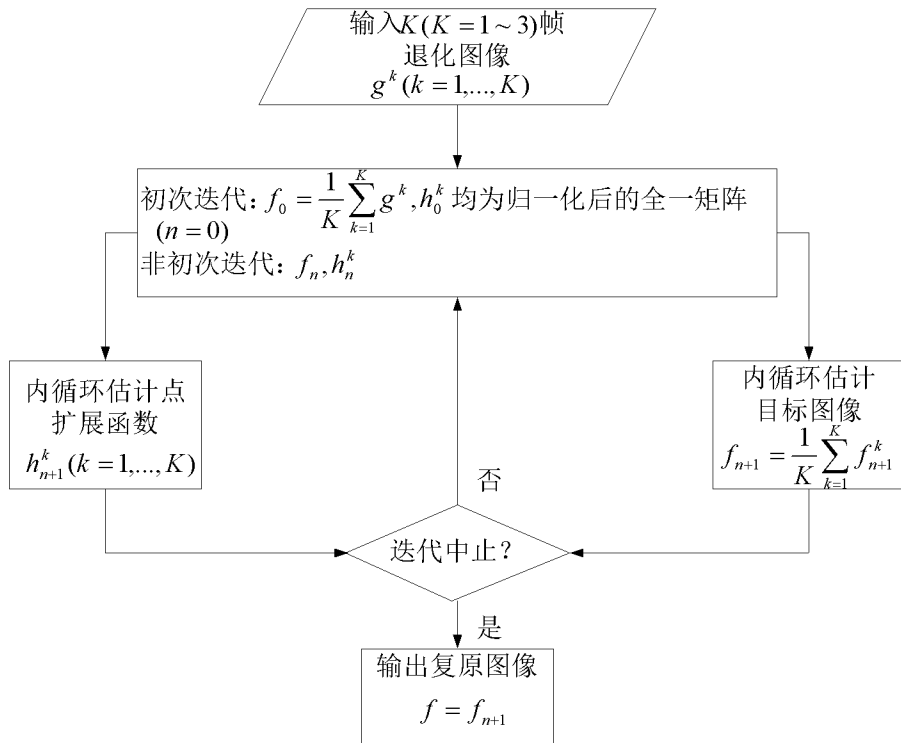


图 10 (a)

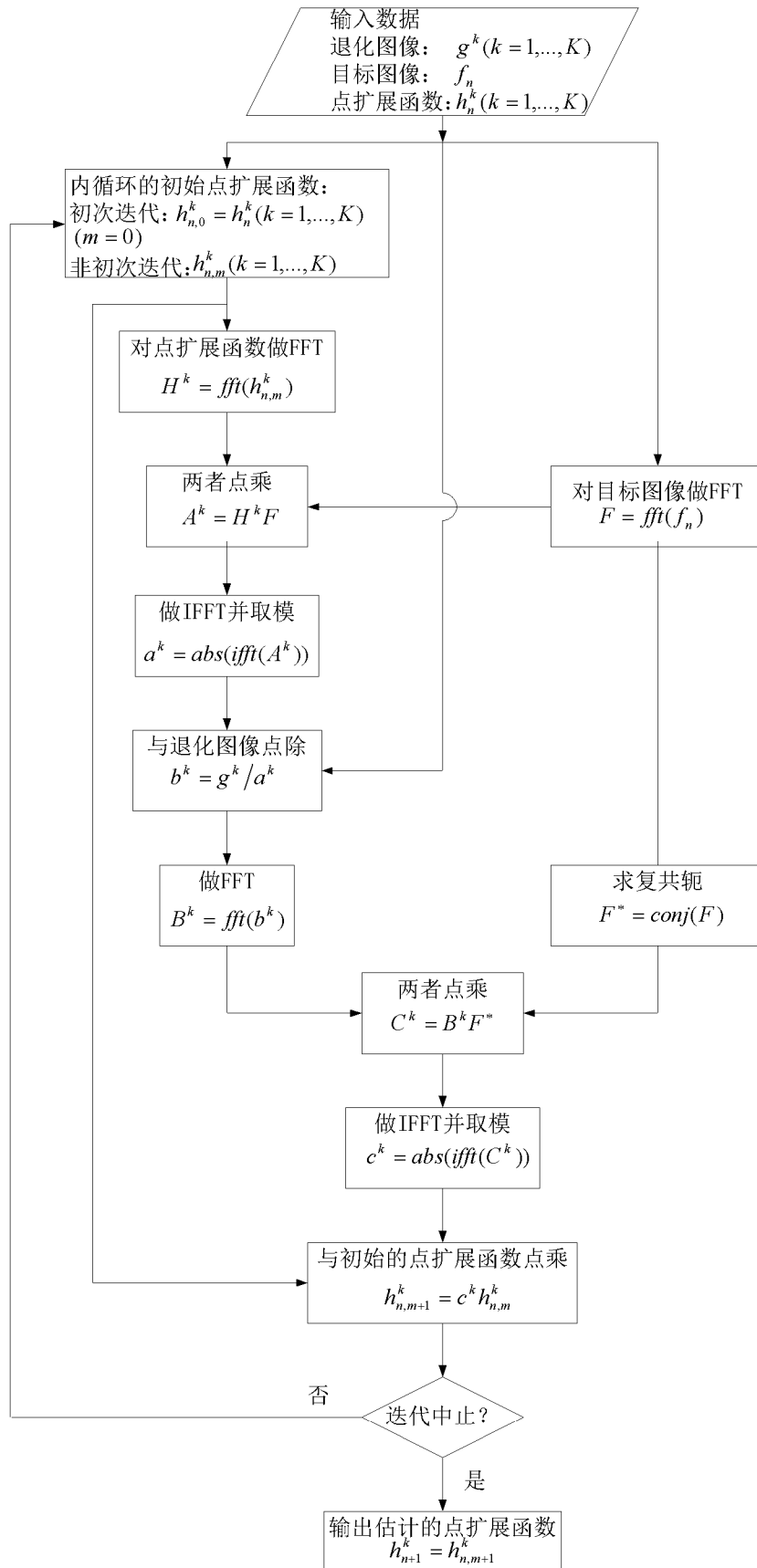


图 10 (b)

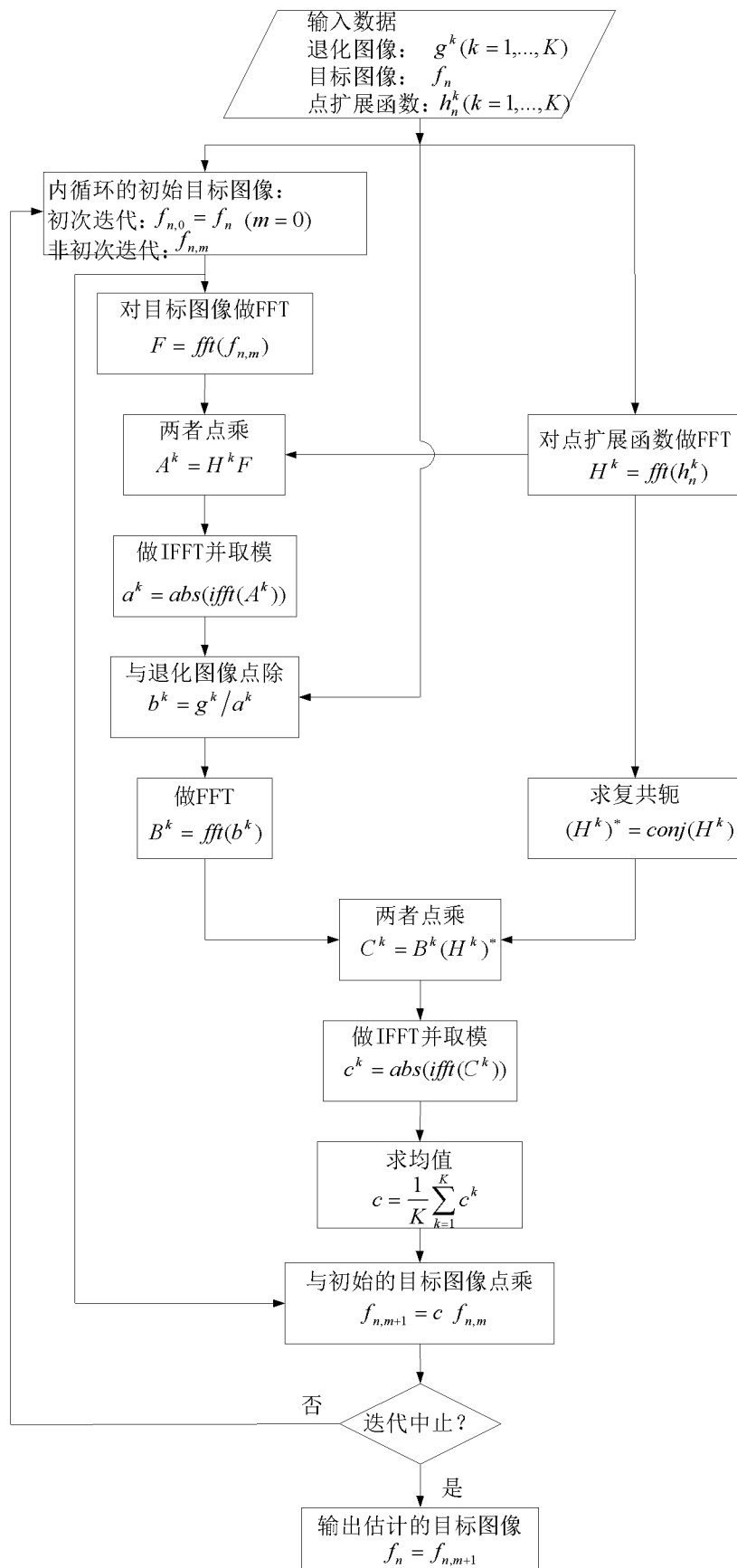


图 10 (c)

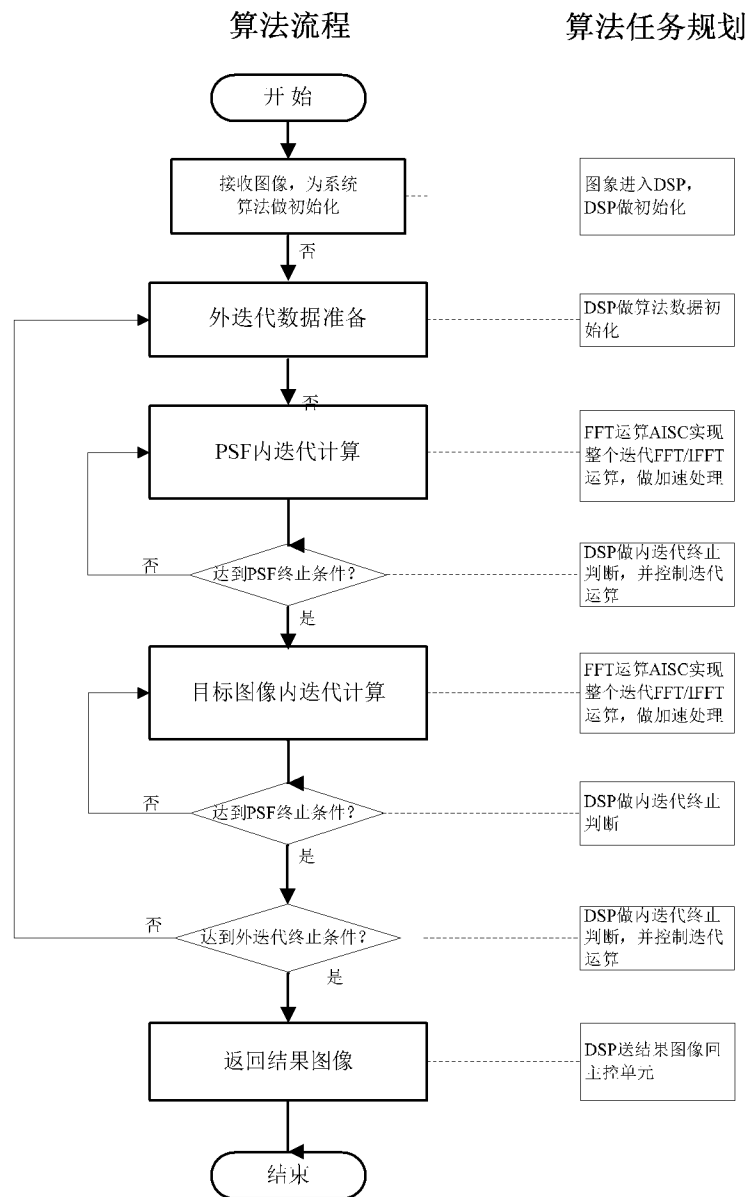


图 10 (d)

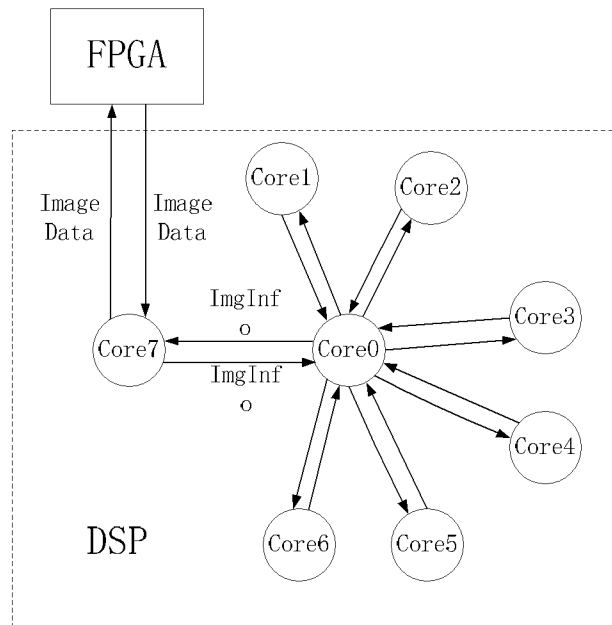


图 11

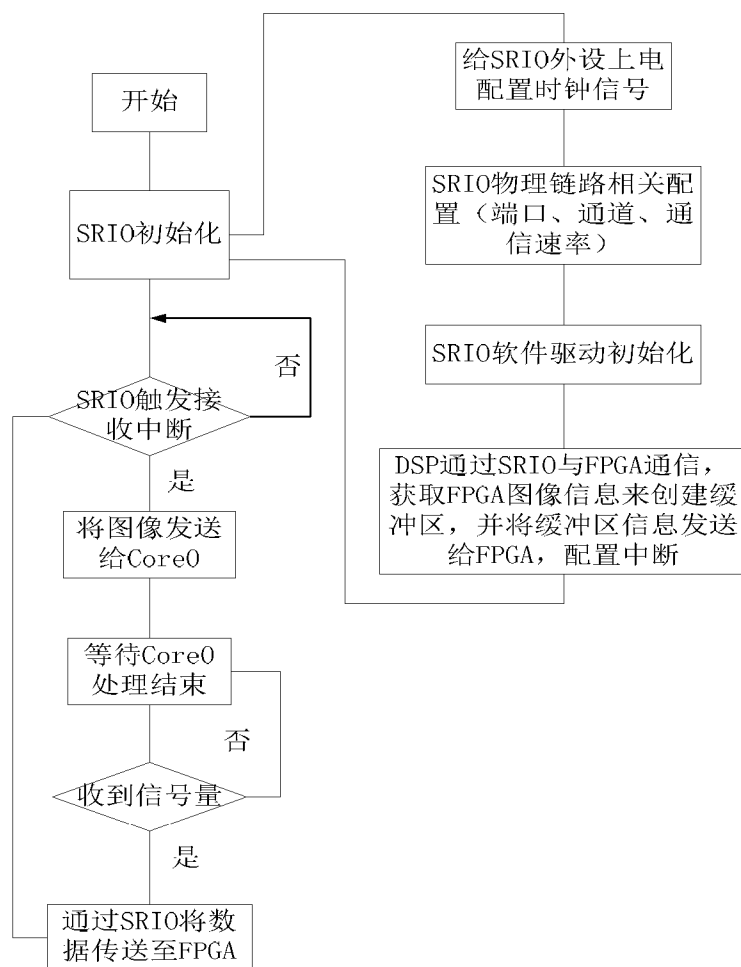


图 12 (a)

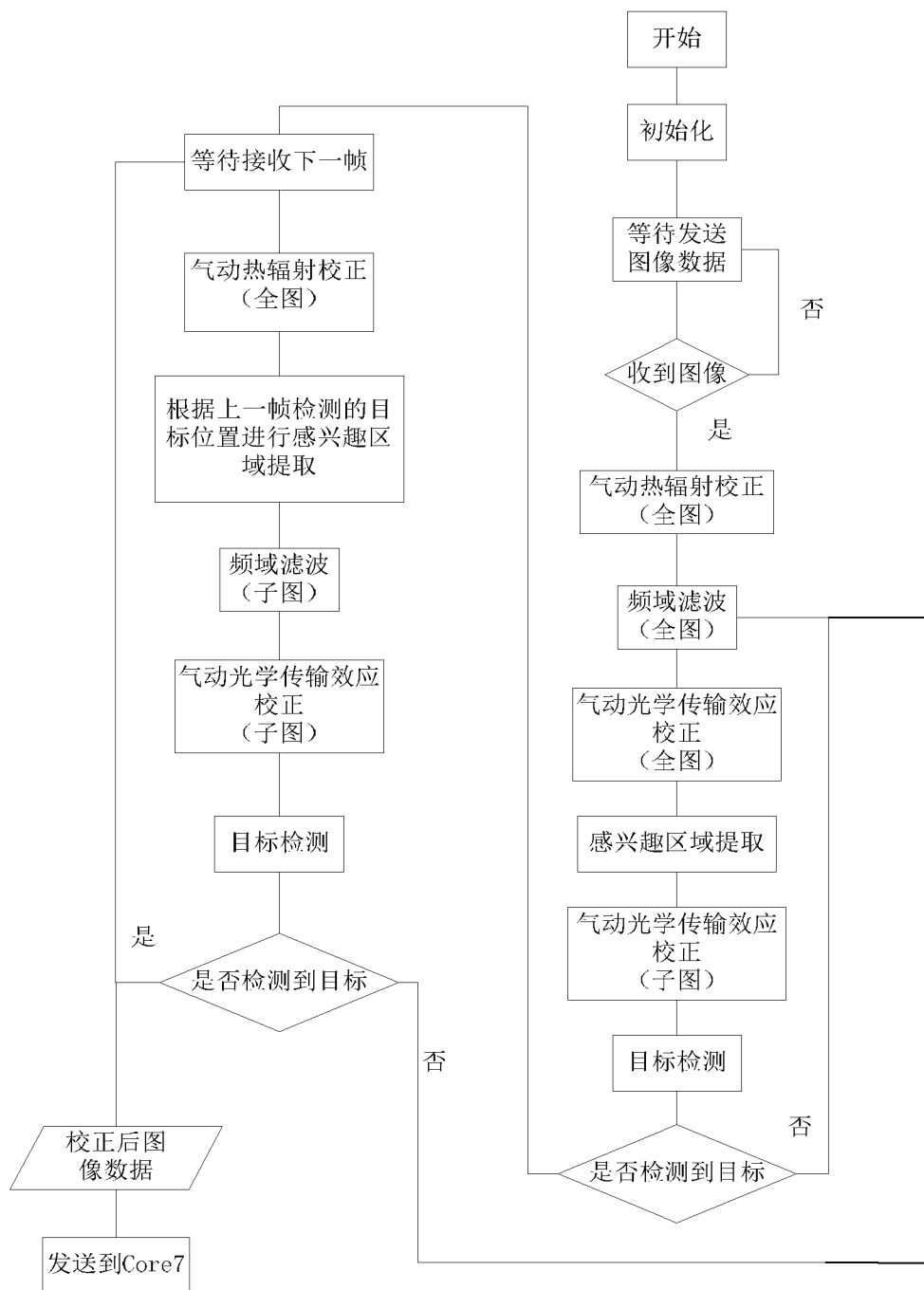


图 12 (b)

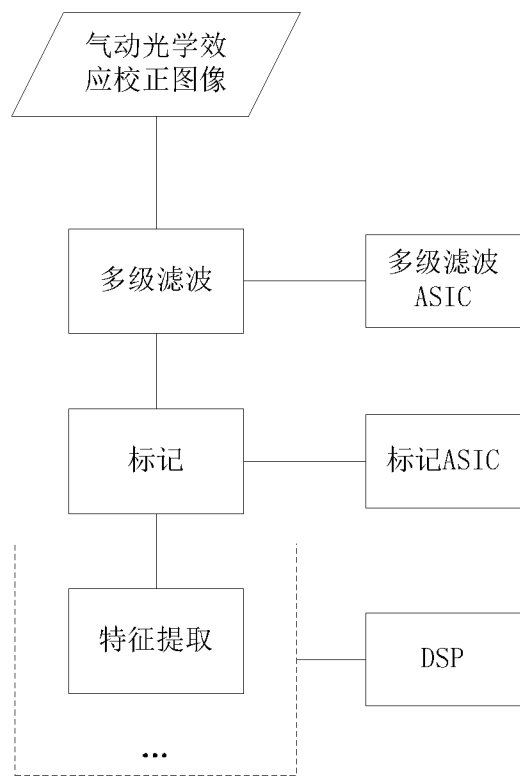


图 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/079133

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 5/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; WPI; EPODOC; CNKI; GOOGLE: aero, optical, thermal, radiation, noise, transmission, effect, real-time, image, FPGA, DSP,
ASIC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105469370 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 06 April 2016 (06.04.2016) claims 1-10	1-10
X	CN 103544470 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 29 January 2014 (29.01.2014) description, paragraphs [0073]-[0133], and figures 2-16	1-10
X	CN 103544471 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 29 January 2014 (29.01.2014) description, paragraphs [0081]-[0137], and figures 2-18	1-10
A	CN 103679134 A (HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 26 March 2014 (26.03.2014) the whole document	1-10
A	US 2012330633 A1 (LOCKHEED MARTIN CORPORATION) 27 December 2012 (27.12.2012) the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 01 September 2016	Date of mailing of the international search report 22 September 2016
--	---

Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHAO, Tianqi Telephone No. (86-10) 61648112
---	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/079133

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105469370 A	06 April 2016	None	
CN 103544470 A	29 January 2014	None	
CN 103544471 A	29 January 2014	None	
CN 103679134 A	26 March 2014	None	
US 2012330633 A1	27 December 2012	GB 2492200 A	26 December 2012
		AU 2012202214 A1	17 January 2013

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/079133

A. 主题的分类

G06T 5/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06T

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, GOOGLE: 气动, 光学, 热辐射, 噪, 传输效应, 实时, 图像, aero, optical, thermal, radiation, noise, transmission, effect, real-time, image, FPGA, DSP, ASIC

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 105469370 A (华中科技大学) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 权利要求1-10	1-10
X	CN 103544470 A (华中科技大学) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第73-133段, 图2-16	1-10
X	CN 103544471 A (华中科技大学) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 说明书第81-137段, 图2-18	1-10
A	CN 103679134 A (华中科技大学) 2014年 3月 26日 (2014 - 03 - 26) 全文	1-10
A	US 2012330633 A1 (LOCKHEED MARTIN CORPORATION) 2012年 12月 27日 (2012 - 12 - 27) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2016年 9月 1日

国际检索报告邮寄日期

2016年 9月 22日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

赵天奇

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)61648112

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/079133

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105469370	A	2016年 4月 6日	无			
CN	103544470	A	2014年 1月 29日	无			
CN	103544471	A	2014年 1月 29日	无			
CN	103679134	A	2014年 3月 26日	无			
US	2012330633	A1	2012年 12月 27日	GB	2492200	A	2012年 12月 26日
				AU	2012202214	A1	2013年 1月 17日