

MoveSense™ One 双目深度相机

数据手册（中文版）

2016-07-04 rev 1.01

目录

简介.....	1
系统的结构和组成.....	1
原理介绍.....	2
输出数据.....	3
应用场景.....	3
规格信息.....	4
性能参数.....	4
相机标定参数.....	5
供电接口.....	6
数据通讯接口.....	6
开发工具及支持.....	6
视差空间到欧式空间转换.....	7
视差（64）输出版本.....	7
视差（96）输出版本.....	7
机械尺寸.....	8
修订版本.....	8

简介

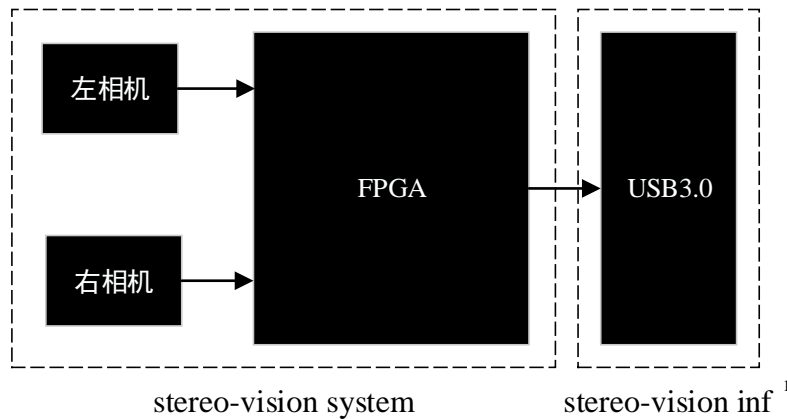
MoveSense™ One 是人加智能机器人技术（北京）有限公司开发的第一款双目深度相机。它具备在 752x480 分辨率下以每秒 60 帧的速度运算产生全分辨率下的稠密视差数据，运算所造成的延时在 1ms 以内，具备极高的实时性。

MoveSense™ One 的最大特点在于其克服了传统双目匹配算法对于复杂运算系统（如台式机 CPU、GPU）的依赖，在单片低成本 FPGA 上实现了从图像输入端到视差图输出的所有过程，并未依赖于任何外部存储设备。因此，MoveSense™ One 具备低成本、低功耗、体积小、重量轻等优势，使得其在无人机、机器人以及 AR 方面拥有极大的应用价值及潜力。

MoveSense™ One 选用了全局曝光的 CMOS 传感器用于双目成像，规避了一些卷帘式曝光传感器运动造成的模糊问题，使得其在快速移动的场景以及对快速移动物体的成像具备极大地优势。

此外，产品具备定制化和可裁剪的特性，双目的基线以及焦距均可根据具体应用场景进行适配。对外接口可根据系统设计灵活设计，可用常规的并串行接口传输数据，也可以虚拟成一个相机通过 mipi 或是 DVP 接口传输进系统，当然也可以通过 USB 接口作为通用 UVC 设备与应用系统对接。

系统的结构和组成



系统由两部分组成，一部分为 CMOS 成像芯片以及 FPGA 运算芯片组成的双目视觉系统，另外一部分为对外提供的接口系统，目前测试样机对外提供的为 USB3.0 接口，便于与 PC、嵌入式处理器进行互联用于快速测

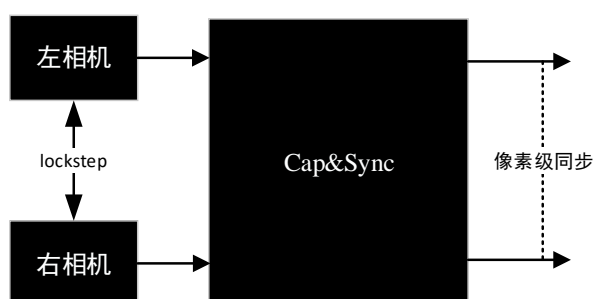
试。接口系统可根据应用系统设计进行灵活定制，目前可支持自定义的并行或 LVDS 接口或是相机接口 mipi 与 dvp 等接口。

MoveSense™ One 将传感端以及运算端集成在一起，提供双目立体视觉系统整体解决方案。

原理介绍

双目视觉系统主要包括三个主要处理步骤。每个处理步骤的结果作为下一个步骤的输入，MoveSense™ One 将这三个步骤采用流水线并行处理方式，达到最低的运算延时。下面将三个步骤一一介绍。

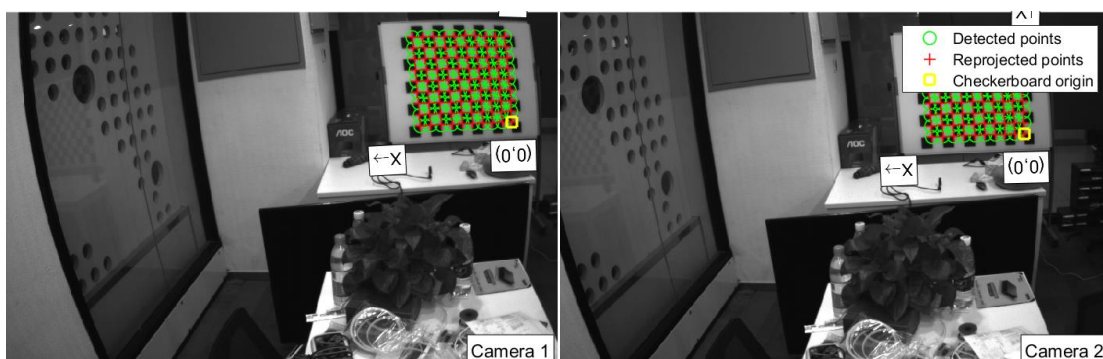
步骤一. 双目数据的同步获取

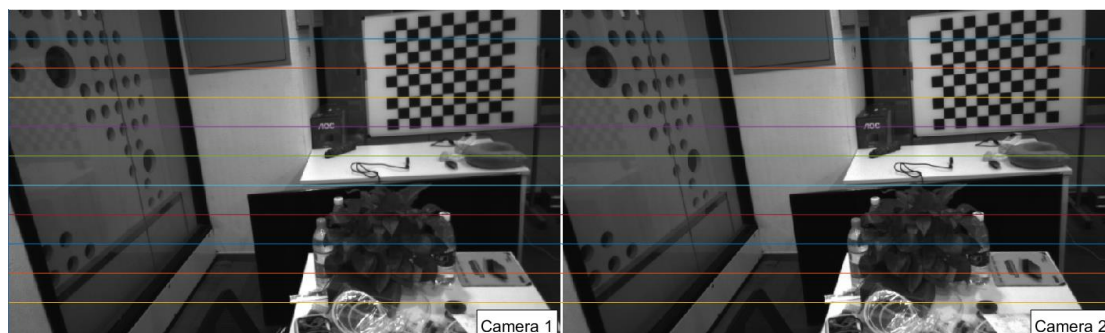


对于双目系统而言，两个相机曝光时间的同步性是双目系统的一个非常重要的指标。MoveSense™ One 采用的时钟锁定技术使得两个传感器的曝光起始时间的差别控制在微秒级别，同时使用 FPGA 内部的存储资源为两个相机的数据做了缓存同步。

步骤二. 畸变校正及立体校正

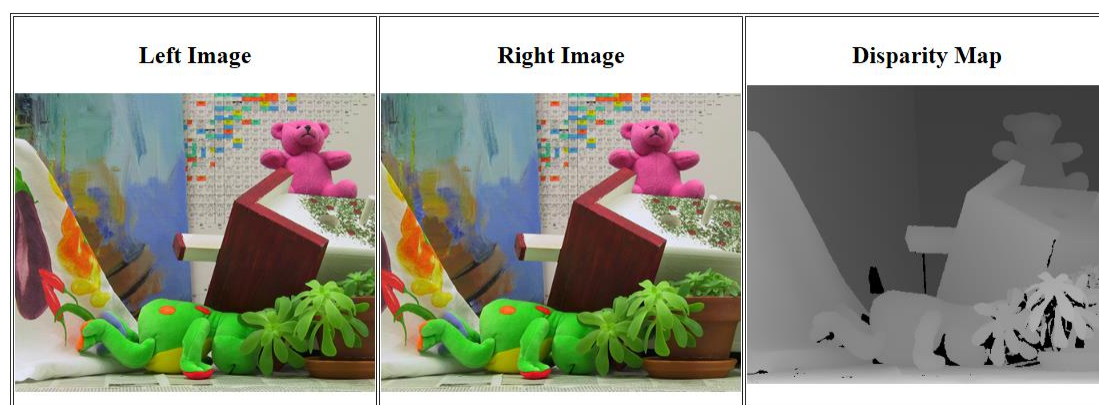
通常双目系统中两个图像传感器位置安装会有偏差，不会出现两个传感平面在同一水平线上或平面对齐的情况，因此，需要对成像平面进行相应的操作使两个相机的内参相同且满足极线约束，此过程就叫做立体校正。此外，相机成像过程中会有畸变产生，需要做相应的畸变校正工作。因此在进行第三步处理之前需要做畸变校正和立体校正这两个工作。首先，通过双目标定的方法获取相机的内参、外参以及畸变参数，最终产生原图到目标图的坐标映射表，通过插值的方法获取目标图。MoveSense™ One 采用纯电路的方式实现此步骤，使得校正产生的延时最小化。





步骤三. 立体匹配

立体匹配是双目视觉中最核心的一个单元，根据极线约束通过寻找左右图的对应点计算产生视差图。



输出数据

MoveSense™ One 可输出校正前后双目相机的图像以及实时计算的视差图像，支持原始数据以及视差数据的同步接收。

应用场景

MoveSense™ One 首先可以定位于一款具备实时深度计算能力的双目相机，因此可以广泛应用于无人机、移动机器人、自动驾驶等领域。

规格信息

性能参数

为了满足客户的不同应用需求，公司推出 6cm 基线和 12cm 基线 3.6mm 镜头的两款标准版相机，对于标准版相机介绍如下：

12cm 基线(MT-2C-12-D-MBV1) MoveSense™ 双目立体相机具体产品参数如下：

指标	数值	备注
基线长度	12cm	
镜头焦距	3.6mm	
深度图运算延时	16.6ms	CMOS 一帧像素输出时间
最大深度图帧率	60fps	支持分辨率 1/4 降采样； 60/30/25/15/10fps 模式输出
深度图分辨率	752*480	
输出格式	支持左图&深度图以及左&右&深度图输出模式	
有效测量范围	0.9m~20m	视差值为 1 时测量距离 70m
视差精度	1/4 像素	
理论深度误差	>0.46mm	2m-1；5m-8cm；10m-30cm；20m-1m
功耗	2.5W	
水平视场角	70°	
垂直视场角	55°	
重量	65g	裸板重量
开发环境	linux/windows/android	
资源占用	本地计算	不占用设备以外的计算资源
接口协议	USB3.0	
供电类型	双 USB 供电	

6cm 基线（MT-2C-06-D-MBV1）MoveSense™ 双目立体相机具体产品参数如下：

指标	数值	备注
基线长度	6cm	
镜头焦距	3.6mm	
深度图运算延时	16.6ms	CMOS 一帧像素输出时间
最大深度图帧率	60fps	
深度图分辨率	752*480	
输出格式	支持左图&深度图以及左&右&左图对应的视差图输出模式	支持分辨率 1/4 降采样，60/30/25/15/10fps 模式输出
有效测量范围	0.3m~10m	视差值为 1 测量距离 50m
视差精度	1/4 像素	
理论深度误差	>0.36mm	2m-1.6c; 5m-10cm; 10m-40cm
功耗	2.5watt	
水平视场角	70°	
垂直视场角	55°	
重量	55g	裸板重量
开发环境	linux/windows/android	
资源占用	本地计算	不占用设备以外的计算资源
接口协议	USB3.0	
供电类型	双 USB 供电	

相机标定参数

MoveSense™ One 出厂前已完成双目的标定的工作，提供用户需要的必要参数，包含相机的焦距、原点以及基线。标定参数以 SDK 文件夹 para 中 t_P2.xml 文件的方式提供，t_P2.xml 中为一个 3 行 4 列矩阵，对应位置的意义：

$$\begin{bmatrix} f & 0 & cu & -f * b \\ 0 & f & cv & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

f 为相机的焦距， (cu, cv) 为相机的原点， b 为相机的基线。

备注：相机参数是相对于满分辨率下而言的，若用户使用 1/4 分辨率下的图像和深度图，则相机参数变换如下：

$$\begin{aligned} f_{1/4} &= f / 2 \\ cu_{1/4} &= cu / 2 \\ cv_{1/4} &= cv / 2 \end{aligned}$$

其中，基线 b 因为是两个相机的物理距离，因此需保持不变。

供电接口

MoveSense™ One 工作功耗在 2.5W 左右，采用双 USB 供电，其中 USB2.0 接口用于辅助供电，USB 3.0 接口用于供电以及数据通信。

数据通讯接口

目前采用 USB3.0 作为数据通信接口，用户端可连接至具备 USB 接口的 PC、嵌入式平台等主机上。其中，要想同时获取左图右图和视差图必须基于 USB3.0 接口。

开发工具及支持

针对 MoveSense™ One 双目深度相机，人加为用户提供了 Windows 和 Linux 版本的 SDK。同时考虑到目前机器人操作系统（ROS）包的流行，也提供 ROS 下的一些工具包，方便对接 ROS 相关应用。相关的 SDK 均托管在 GitHub 上：

Linux SDK : <https://github.com/HumanPlus-Company/MoveSenseSDK-Linux.git>

ROS Package : <https://github.com/HumanPlus-Company/movesense-ros.git>

Windows SDK:

<https://github.com/HumanPlus-Company/MoveSenseSDK-Windows.git>

视差空间到欧式空间转换

从视差空间到相机坐标系下的三维点云转换需要四个参数：基线 b ，焦距 f ，相机坐标系原点在图像坐标系下的坐标 $(cu\ cv)$ ，这四个参数可从附件中的 `paras` 文件夹中的 `t_P2.xml` 文件中获取。目前推出两种最大视差版本的相机：

视差（64）输出版本

像素点 (u, v) 处的视差 d 代表的意义： d 是一个 8bits 二进制数，其中高 6 位为其视差整数值，低两位为其亚像素值。计算三维坐标时，可把 d 直接除以 4，取其商。

下面为计算公式，计算相机坐标系下三维点 $(x\ y\ z)$ ，单位是毫米(mm)：

$$d_{\text{real}} = d / 4.0$$

$$z = f * b / d_{\text{real}}$$

$$x = (u - cu) * z / f$$

$$y = (v - cv) * z / f$$

视差（96）输出版本

像素点 (u, v) 处的视差 d 代表的意义： d 是一个 8bits 二进制数，其中高 6 位为其视差整数值，低两位为其亚像素值。其中，视差值映射关系如下：

视差整数值（6 位无符号）	0	1	2	...	31	32	33	34	...	62	63
映射值	0	1	2	...	31	32	34	36	...	92	94

下面为计算公式，计算相机坐标系下三维点 $(x\ y\ z)$ ，单位是毫米(mm)：

$$d_{\text{real}} = \begin{cases} d/4.0, & d \leq 32 * 4 \\ (d * 2 - 128)/4.0, & \text{others} \end{cases}$$

$$z = f * b / d_{\text{real}}$$

$$x = (u - cu) * z / f$$

$$y = (v - cv) * z / f$$

机械尺寸

修订版本