

如何为视觉应用 选择合适的高速相机？

如何为特定应用选择最合适的高速相机呢？必须考虑诸如帧率、分辨率、存储容量、接口类型、镜头、照明等诸多因素。

文/Andy Wilson

随着低成本 CMOS 图像传感器的出现，高速相机正变得越来越普及。这些相机正越来越多地出现在包括科学、运动分析和汽车碰撞测试等诸多应用中。

然而，该如何决定哪种类型的高速相机最适合特定应用呢？在此之前，我们必须仔细考虑诸如帧率、分辨率、存储容量，以及相机到计算机之间的接口类型。同样重要的是，还要考虑相机可以支持哪种类型的镜头、采用哪种类型的照明能产生最高对比度的图像。

快门速度

由于高速成像应用通常是高度特定化的，因此需要平衡好这些技术参数，才能选出最具成本效益的相机。两个最重要的考虑因素是相机的最小快门速度和最大帧率。

虽然快门速度是单幅图像的曝光时间，但是最大曝光时间永远不能超过 1/ 帧率。1/1000 秒的快门速度，并不与 1000fps 的帧率直接相关，因为可以在每帧 1/1000 秒的曝光时间下，将相机的帧率设置为较慢的速率（例如 30fps）。

因此，使用 1/1000 秒的曝光时

间和 30fps 帧率，与曝光时间 1/500 秒和相同帧率（30fps）作比较，由于每帧曝光的时间更短，运动模糊将减至最小，结果前者拍摄出的图像相对更为清晰。

如果选择使用快速曝光时间，很可能需要增加对被拍摄物体的照明。

“对于图像中任意想要得到的对比度，如果曝光时间减半，无论传感器的灵敏度如何，照明强度都需要加倍。换句话说，为了获得同样的成像效果，如果将曝光时间缩短一半，就必须将照明强度翻倍。你需要在一半的时间内以，相同数量的光子撞击传感器，以获得同样光照的图像。” Vision Research 公司（www.highspeedcameras.com）市场营销副总裁 Rick Robinson 说道。

尽管使用快速透镜可以捕获到更多的光，高速相机中探测器的灵敏度也是同等重要的考虑因素，因为随着灵敏度的提升，曝光时间可以减少。

ISO标准

一些高速相机制造商使用国际标准化组织（ISO）的标准来规定该灵敏度。虽然 ISO 12232 定义了三种方



图1: Photron公司的FASTCAM SA-Z是一款12位1024×1024分辨率的高速相机，运行帧率可达20,000fps，ISO灵敏度分别为ISO 50,000（单色）和ISO 20,000（彩色）。

法来测量 ISO 灵敏度，但最常用的做法是将灵敏度与相机系统饱和和所需的曝光度相互关联。于是，此项 ISO 值可以用来确定相机的标称曝光时间和 / 或照明要求。关于如何得到该数值、其数学描述又是如何，详情可登录网址 www.bit.ly/1MMKUnN 进一步了解。诸如 Imatest 公司（www.imatest.com），它们使用这种基于饱和度的 ISO 灵敏度（Ssat）标准，来测量与能让传感器或相机系统饱和的亮度级别相关的灵敏度。该值被 Photron（www.photron.com）公司用在其 FASTCAM SA-Z 相机产品中（见图 1）。FASTCAM SA-Z 是一款 12 位 1024×1024 分辨率的高速相机，运行帧率可达 20,000fps，ISO 灵敏度分别为 ISO 50000（单色）和 ISO 20000（彩色）。Vision Research 公司



图2: 在i-Speed 726相机中, iX Cameras公司使用定制化CMOS 2048×1536像素成像器, 像素尺寸为13.5μm。

提供 Phantom v1612 高速相机, 其具有 ISO 32,000 单色日光灵敏度。

Photron 公司市场营销总监 Andrew Bridges 表示, “一些制造商使用 ‘T’ 和 ‘D’ 来描述 ISO 感光灵敏度; ‘T’ 代表钨丝灯, 移除红外滤光片可获得较高的值, 较低的 ‘D’ 代表日光值, 通过采用已发布的 ISO 12232 Ssat 标准来获得。” Bridges 补充道, “通过移除 IR 滤光片, 更多的光子可以转换为信号, 将 ISO ‘T’ 值提升到用户无法实现的水平。”

在这种相机中, 在图像传感器上使用色彩滤镜阵列 (CFA), 将减少在每个照相位置处捕获的光的数量, 从而降低 ISO 等级。然而, ISO 标准可以用于确定相机的灵敏度, 但它与图像质量无关, 因为提高相机增益可以用于增加 ISO 速度, 但要以增加图像噪声为代价。

提高灵敏度

为了提高高速相机的灵敏度, 许多制造商使用具有高量子效率和高填充因子的成像器。出于这点考虑, 很多高速相机制造商选用具有大像素尺寸的成像器。例如在 i-Speed 726 相机 (见图 2) 的设计中, 英国 iX Camera

公司 (www.ix-cameras.com) 使用定制的 CMOS 2048×1536 像素成像器, 像素尺寸为 13.5μm, 在全分辨率下拍摄, 能够以 8,250fps 的帧率运行, 相机的最大 ISO 灵敏度为 40,000 (单色) 和 14,400 (彩色)。

尽管增加像素尺寸可以提高相机的灵敏度, 但是它们对所捕获图像的分辨率具有一定的负面影响, 因为是以线 - 对 / 毫米 (line-pairs/mm) 来测量的, 那么较大像素相对较小像素的分辨率会略低。然而在很多高速成像应用中, 这点可能不做重点考虑。

帧率

当选择一款高速相机时, 除了要考虑相机的灵敏度这一重要参数外, 相机的帧率也是一项需要考虑的重要参数。为了提高帧率, 采用 CCD 或 CMOS 成像器的相机制造商会使用不同的技术。针对 CCD 相机, 使用一种称为局部扫描的技术, 从成像器的中心部分读取可变带 (variable band), 减少从 CCD 的每个像素输出电荷的需要, 从而增加帧率。

而在使用 CMOS 成像器的相机中, 该感兴趣区域 (ROI) 的宽度和高度都可以变化, 增加了可获得帧率的灵活性。例如, 在 Q-MIZE HD v2 相机的设计中, 瑞士 AOS Technologies 公司 (www.aostechnologies.com) 使用一个 1920×1080 CMOS 成像器, 其允许相机在多种模式下工作——在 1920×1080 分辨率下, 可获得 1,000fps 的帧率; 在 1024×1024、

1280×720 和 853×480 分辨率下运行时, 相机可获得的拍摄帧率分别为 2000fps、2500fps 和 5000fps。

捕获图像数据

当相机在高帧率下工作时, 图像数据要么在相机上捕获, 要么通过高速接口传送到主机。在那些需要便携相机和非连接相机的应用中, 相机必须捕获到相对较长时间内的图像序列。然而在高速应用中, 这种“较长时间”可能仅有几秒钟, 因为相机可以在特定时间点被触发、捕获一个事件的图像。

对于其他应用, 可以在相机上捕获更长时间段内的图像数据。诸如 Fastec Imaging 公司 (www.fastecimaging.com) 公司推出的 TS5-D 便携式高速相机, 其使用 2560×2048 CMOS 成像器, 能以 634fps 的帧率捕获全分辨率高清图



图3: Fastec Imaging公司的TS5-D高速相机, 使用2560×2048 CMOS成像器, 能以634fps的帧率拍摄全分辨率高清图, 并将图像数据存储到相机的8GB内存中。

像, 并存储到 8GB 内存中 (见图 3)。为了将这些图像以大约 20GB/min 的速度存储到相机板卡上, 相机的内部硬盘容量必须高达 1TB; 或者, 相机直接将图像数据存储到 SSD 卡上 (720p@520fps), 这大约需要花

下转第18页

在把该技术用于将客户端和台式机连接到以太网交换机、有线网络基础设施的网络存储设备、以及有线电视和电信三网融合音频、视频和数据服务的网关。

NBASE-T和视觉系统设计

NBASE-T 技术通过其高带宽支持、低成本布线、以及与 GigE Vision 标准的兼容性，提供了一种可以很自然地过渡到高性能成像系统的方式。

在 NBASE-T 和 IEEE 802.3bz 上使用 GigE Vision 系统，设计师可以在 Cat 5e 铜线上以 5Gbps 的速率来传输未压缩图像，在 Cat 6A 铜线上可以达到 10Gbps 的传输速率。由于具备长距离、灵活性以及现场可端接布线的的能力，可以很容易地搭建传输系统，易于安装和维护。

GigE Vision 标准的优势之一是 与物理层无关。该标准还使制造商能够创建利用 GigE Vision 标准进行通信的 10GigE 和 802.11 的无线接口解决方案。同样，设计师可以创建在本质上与 GigE Vision 软件兼容的 NBASE-T 摄像机和视觉系统。NBASE-T 网卡 (NIC) 和千兆以太网

NIC 同样是由 Windows、Linux 和其他操作系统创建的。这就意味着现有 GigE Vision 兼容软件和软件开发工具包 (SDK) 是不需要任何修改就与 NBASE-T 兼容的。

与 NBASE-T 规范兼容的系统级、物理层协议和组件产品已经开始在销售。更多的产品正在开发中，并预计将在接下来的 12 个月内发布。这些产品包括用于摄像机的在 NBASE-T 上运行 GigE Vision 的解决方案、X 射线面板以及其他成像设备。

新成像应用技术的机遇

NBASE-T 技术承诺帮助成像系统制造商和设计师满足增加带宽的要求，同时在改造升级方面利用现有布线，并在新安装方面尽量使用不那么昂贵的现场可端接布线。

例如，设计师可通过升级质量检验系统来增加数据传输能力，同时通过部署在 NBASE-T 上运行的 GigE Vision 解决方案，来使已有的铜线系统传输更高带宽的视频。这样可以多路传输来自多个成像源的视频，以减少在分布和管道处理系统中的计算和组件成本。

设计师还在评估在 NBASE-T 上运行 GigE Vision 的视频连接技术，用于医疗成像应用中的平板显示器 (FPD)。NBASE-T 上的 GigE Vision 视频接口技术特别有益于荧光镜检查系统，通过使用多个移动的 X 射线源，尽可能减小患者的曝光时间，仅仅在几秒内可以从多个增量角照射组织。

X 射线成像的图像被转化成 GigE Vision 兼容性视频流，并通过长距离 Cat 5e 布线传输到位于无菌环境之外的处理和分析设备。然后，该视频处理器利用来自多个图像源的图像创建合成图像，最后通过以太网多路传送到各个显示器。

未来发展

NBASE-T 技术加入了一系列最新技术的行列之中。这些技术包括 GigE、10 GigE、USB3.0 和无线传输技术，它在机器视觉方面正发挥着关键作用。对于成像系统制造商而言，这些新的技术能力正在帮助他们简化设计、降低成本、及增加传统机器视觉应用系统的性能，同时还能帮助先进视觉技术进入新的市场。☐

上接第16页

上 35 分钟的时间。相机的千兆以太网端口 (GigE) 允许图像序列以高达 90MB/s 的速率传输到主机上，用于后期分析。

如同 Fastec Imaging 一样，德国 Mikrotron 公司 (www.mikrotron.de) 也提供了一系列便携和非便携式高速相机。例如，Mikrotron 公司的 EoSens 4CXP 相机，采用 CoaXPress (CXP) 接口，能以超过 2000fps 的

帧率拍摄分辨率为 2336×1728 的图像 (640×480 ROI 模式)，并以高达 25Gbit/s 的速率将图像数据传输到位于 100 米以外的主机上。

自 2006 年以来，Vision Research 公司就提供了其 CineMag 接口，其能在相机上实现 1G 像素 / 秒的数据存储率。这样，相机能以 1000fps 的帧率捕获一百万像素的图像，然后通过 10Gbit/s 以太网接口将图像数据传输

到计算机，用于后续下载。

今天，高速相机被广泛用于许多科学、工业、航空和汽车应用领域。为了满足这些应用需求，虽然许多高速相机制造商在其设计中使用了定制的多抽头 CMOS 成像器，但是随着具有更快数据速率的成像器不断涌现，已经使低成本的高速相机开始进入各个应用领域。☐