

详细解析机器视觉接口的应用原理

机器视觉

机器视觉是未来人工智能领域的核心技术。从工业视觉到计算机视觉，从人机交互到自动驾驶，从虚拟现实到物体自动识别，机器视觉都担当着重要角色。机器视觉在工业、农业、国防、军工、交通、医疗、金融甚至体育、娱乐等等行业都获得了广泛的应用，将对我们的生活、生产和工作带来革命性的改变。

在机器视觉的应用过程中，选择正确的接口是您选择摄像头过程的一项重要因素。今天小菲就给大家讲讲机器视觉可用的不同电缆和连接器类型以及相关利弊。

机器视觉接口的分类

机器视觉接口一般有两种形式：专用型和消费型。



专用型接口

此类接口适用于需要极高速或超高分辨率应用；例如，用于检测纸质或塑料薄膜生产这类连续流水作业的行扫描摄像头，其工作频率一般处于 kHz 水平。然而这些接口明显更加昂贵，灵活性更低，而且会增加系统复杂性。此类应用通常使用 CarmeraLink（支持最大 6.8Gbit/s 数据传输）和 CoaXPress（支持最大 12Gbit/s 数据传输）这些专用型机器视觉接口。采用这些接口的系统除了需要摄像头外，还需要图像采集卡，它们是专门用于接收图像数据并组合成可用图像的适配卡。专用型机器视觉接口还要使用专用线缆，增加了与外围设备集成的难度。

CoaXPress (CXP)

CoaXpress 接口发布于 2008 年，用于支持高速成像应用。CXP 接口使用 75ohm 同轴电缆，每个通道的数据传输速度最大可达 6.25Gbit/s，同时能通过多个通道支持更快的数据传输速度。一条 CXP 电缆最大能提供 13W 的功率，要求“设备”和“主机”同时支持 GenICam 摄像头编程接口。尽管单通道同轴电缆的价格实惠，但如果要设置多通道电缆总成和图像采集卡，成本将迅速增加。

Cameralink

CameraLink 标准由国际自动成像协会 (Automated Imaging Association, 简称 AIA) 在 2000 年设立，历经不断更新，目的是支持更高的数据传输速度，其中一些版本需要两条传输电缆。三种可用的主要配置包括：基本 (2.04Gbit/s)、中档 (5.44Gbit/s) 和进阶/扩展 (6.8Gbit/s)。基本标准使用 MDR (“Mini D Ribbon”) 26 针连接器，中档/完整配置使用两条电缆，能力翻倍。进阶/扩展版本超越 CameraLink 规定的极限，可以承载最大 6.8Gbit/s 的数据传输。CameraLink 和 CXP 接口同样都需要图像采集卡，而且还额外要求兼容于 Camera Link 供电模式 (Power over Camera Link, 简称 PoCL) 标准以便供电。CameraLink 缺少纠错或重发功能，需要进行昂贵且繁杂的电缆设置，以便提高信号完整性，力图避免图像丢失。

消费型接口

此类接口使机器视觉摄像头可以通过广泛可用的 USB 和以太网标准连入主机系统。对多数机器视觉应用而言，USB 3.1Gen 1 和千兆以太网消费型接口具备便捷、速度、简单和价格合理的组合优势。此外，消费型接口支持通过广泛可用的硬件和外围设备执行机器视觉功能。您可以从亚马逊 (Amazon) 或您当地电脑城或电子产品店购买 USB 和以太网集线器、交换机、电缆和接口卡，不同的价格都能满足您的需求。大多数 PC、笔记本和嵌入式系统均至少包含一个千兆以太网或 USB 3.1 Gen 1 端口。

这些接口类别的最大区别是带宽。在既定分辨率条件下，更快的接口支持更高的帧率 (图 1)。更快的接口让您每秒捕捉更多图像或捕捉分辨率更高的图像，同时又不影响吞吐量。

Frame Rate vs Resolution

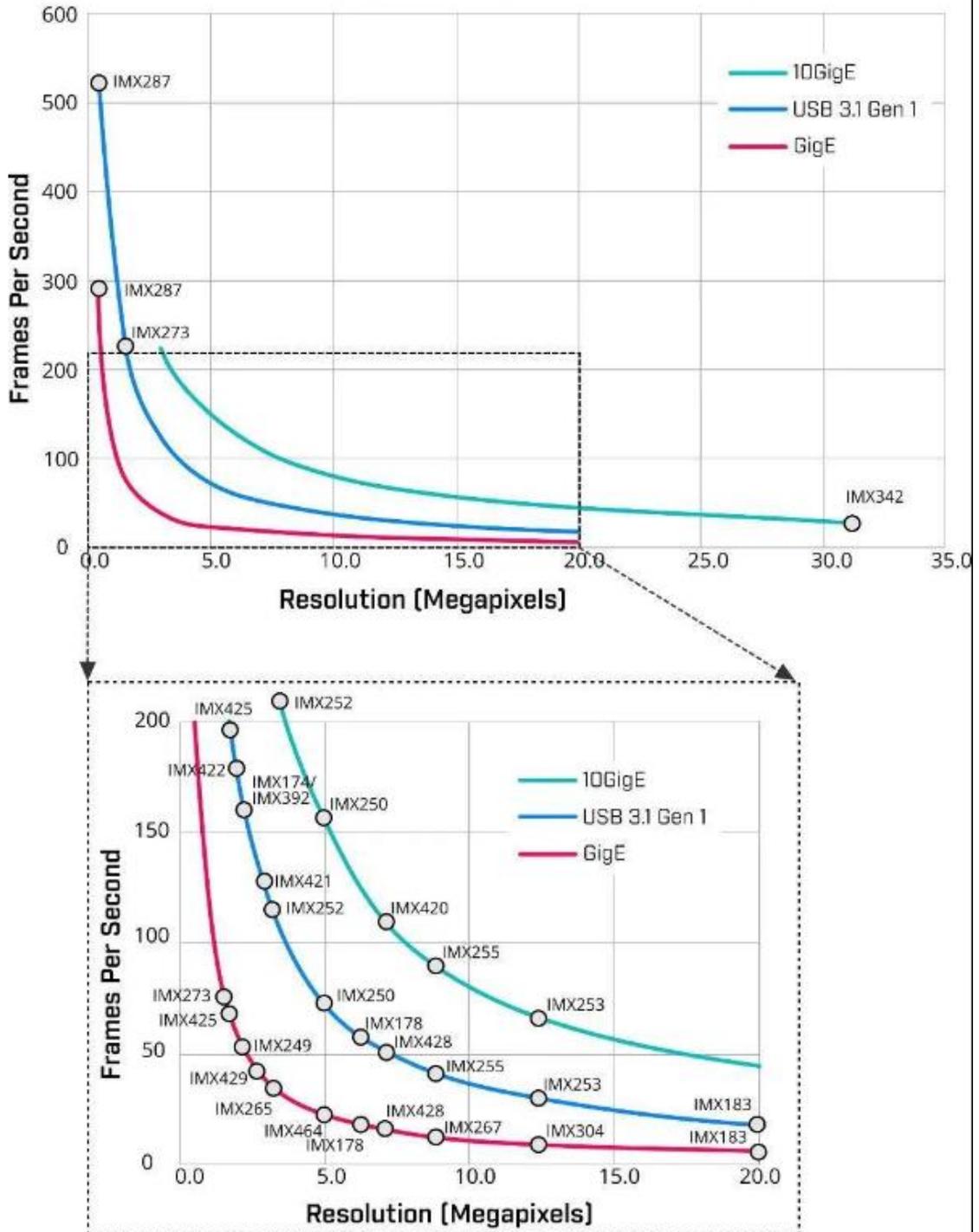


图 1. 每种接口的可用带宽与传感器分辨率和最终帧率。

举例来说，半导体晶片检测系统的晶片如果从 8” 升级到 12”，需要分辨率更高的摄像头。这种情况下，系统设计人员需要在“保留现有接口”和“牺牲吞吐量换取更高分辨率”两者间作出选择，或者升级为更快接口来维持或提高吞吐量。

您对分辨率、帧率、电缆长度和主机系统组态的要求均应纳入考量，方能确保获得所

需性能，同时不需要花费超出需求的成本。FLIR 的机器视觉摄像头支持所有三种可信赖且广泛可用的接口。

通用串行总线 (USB)

USB 随处可见。您可以看看四周有多少个 USB 设备和配件。您觉得这意味着什么？意味着大多数 USB 机器视觉摄像头使用的是 USB 3.1 Gen 1 接口。这种接口为摄像头和主机系统之间提供最大 4Gbit/s 的图像数据带宽。USB3 视觉标准确定了一组常用的设备探测、图像传输和摄像头控制协议，有助于保障各种摄像头与软件的兼容性。



图 2. USB 3.1 Gen1 电缆 (USB 到锁定 USB)

USB 支持直接内存存取 (DMA)。有了 DMA 功能，图像数据就可以从 USB 直接传送到内存，然后供软件使用。DMA 同时具备在几乎所有硬件平台上对 USB 的广泛支持性和 USB 控制器驱动程序的可用性，使 USB 非常适合用于嵌入式系统。USB3.1 Gen 1 电缆最长 5m，因此嵌入式系统基本不会出现电缆长度的问题。USB 3.1 Gen 1 可以为摄像头提供最高 4.5W 的功率，简化了系统设计。近期确立的 USB 供电技术规格允许一些主机为快速充电手机这类设备提供更多电力，此技术规格独立于 USB 3.1 Gen 1 基础标准，但机器视觉摄像头制造商尚未采用。

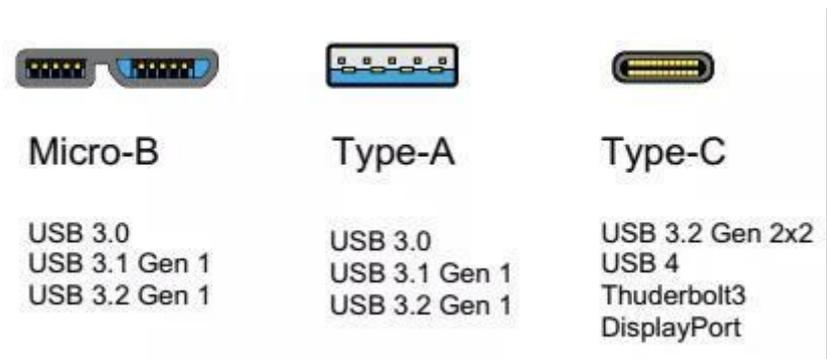


图 3. 不同类型的 USB 连接器

高度灵活的 USB 电缆有助于提高系统内（摄像头在其中频繁移动）电缆的使用寿命。有源光缆（AOC）可用于大幅延长工作距离并获得电磁干扰（EMI）电阻。有源光缆的性能取决于吞吐量要求和主机系统组态。使用有源光缆时，即便是可以通过电缆供电的类型，FLIR 也建议在外通过 GPIO 为摄像头供电。此外，锁定 USB 电缆将为电缆、摄像头和主机系统提供安全连接。购买锁定电缆前，因为其选项多样，FLIR 建议检查锁定螺钉位置和间隔兼容性。

USB 3.1 Gen 1 适用于 FLIR BlackflyS - 盒装和板级版本和小型 Firefly S。

千兆以太网 (GigE)

GigE 提供最大 1Gbit/s 的图像数据带宽。它综合了简便性、速度、最长 100m 电缆以及通过单条电缆为摄像头供电的能力等特性，是一种深受欢迎的摄像头接口。以太网电缆提供坚固屏蔽层。因此非常适合因某些机器人和计量设备的强大电机而产生较大电磁干扰的环境。FLIR GigE 摄像头同时还拥有数据包重发功能，进一步增强传输可靠性。

与 USB 不同的是，GigE 不支持 DMA。包含图像数据的数据包传输到主机，并在其中重组为图像框架，之后再复制到软件可存取内存。这一过程对于现代 PC 而言是小菜一碟，但仍然会造成某些系统资源受限的低功率嵌入式系统的延迟。



图 4. 千兆以太网/GigE 电缆 (RJ45 到 RJ45)

Gigabit 以太网的广泛使用意味着存在各种从电缆到交换机的支持产品，随时满足各类项目需求。GigE 摄像头支持 IEEE1588 PTP 时间同步协议，使摄像头和其他支持以太网的设备，如执行机构和工业可编程逻辑控制器，可以在准确同步的共同时间基础上运行。

以太网广泛应用于众多行业，促进许多专业电缆和连接器在各种用例中的可用性。例如，有的以太网电缆设计用于防范 EMI（电磁干扰）、高温和化学制品，还有的可以满足高灵活性要求，等等。

以太网电缆拥有因结构而异的类别编号。GigE 最为常用的是 CAT5e，而 CAT6A、CAT7 和 CAT8 具备更高的 EMI 抗性，但成本更高，电缆直径更大。一些工业设备使用 X-Coded M12（图 3，右）连接器提供强化屏蔽，但对大多数应用来说，常见的 RJ-45 连接器便足以使用，成本更低，但说服力更强。此外，螺钉锁定的 RJ45 连接器提高了 RJ45 缆的安全性。



图 5. 普及广的 RJ45 连接器 (左) 和更不常见的 X-Coded M12 连接器 (右)

注：RJ45 连接器可以快速连接和断开。X-Coded M12 连接器（右）连接更慢，但 IP 等级版本更稳固，适用性更好。

GigE 适用于 FLIR Blackfly S - 盒装和 FLIR Blackfly S - 板级摄像头。

万兆以太网 (10GigE)

10GigE 将带宽提高到 10Gbit/s，基于 GigE 的优势获得提升。10GigE 是高分辨率 3D 扫描、容积捕捉和精密计量的理想选择。GigE 和 10GigE 组合方式多样。可以将多台 GigE 摄像头连入一台 10GigE 交换机，实现主机系统上单 10GigE 端口全速运行多台 GigE 摄像头。由于 CAT5e 电缆只能在 30m 距离内运行于 10GigE 摄像头，因此推荐使用 CAT6A 或更高等级的电缆。

10Gbit/s 的数据量很大！采用高速 CPU、PCIe 3.0 和双通道内存的现代 PC 系统足以处理这么大的数据量，而性能更强的系统则可以支持多台 10GigE 摄像头。系统资源减少的嵌入式系统一般无法达到跟进传入图像数据所需的内存带宽和处理器速度。

10GigE 适用于 FLIR Oryx 摄像头。

消费型和专用型接口均用于多种机器视觉应用。以上提及的利弊将最终决定具体用例中的适用性高低。但是，消费型接口综合了性能、易用性、广泛可用性和低成本的特点，对于大多数机器视觉应用来说是一种颇具吸引力的选择。