

# CoaXPress-over-Fiber 为高速机器视觉开辟了一个新天地

探索通过标准以太网连接运行 CoaXPress 协议的创新方法,提高高速机器视觉应用的吞吐量。

作者: Ametek - Vision Research 高级测试工程师 Lee Denaro

高速数字成像扩大了传统机器视觉 (MV) 的好处, 将其从一个过程控制工具转变为了一个诊断工具。传统的 MV 系统使用现成的商用成像传感器、光线模块和处理器来引导、检查或识别沿生产线移动的零件。与人工操作相比, 这些系统具有快速、准确和可重复的特点, 能够在快节奏的制造环境中提高生产率。

高速流式摄像机建立在这些功能的基础之上, 能够捕捉到传统 MV 系统无法捕捉到的东西。由于其高分辨率、高帧速率和流式传输能力, 这些先进的摄像机使 MV 在需要实时分析或长时间录像的挑战性应用 (如半导体检测、3D 打印和航天飞机发射) 中也找到了其立足之地。

然而, 这些流式摄像机只是 MV 应用中的一部分。为了真正利用这些系统所能提供的所有好处, 它们必须与能够支持高速传输和处理大量图像数据的电缆技术一起使用。这就是 CoaXPress 电缆技术的优势所在。

开发者:



PHANTOM<sup>®</sup>

VISION  
RESEARCH

AMETEK



用于高速成像的 CoaXPress 接口标准,特别是其最新的 CoaXPress-over-Fiber 扩展选项,可以显著提高 MV 应用的吞吐量,同时增加带宽、降低成本、降低系统复杂性、实现更远距离的录像等等。

## CXP 电缆技术简介

作为世界领先的高速成像协议,铜质 CoaXPress (CXP) 电缆技术是将高速串行数据从摄像机转移到图像采集卡的一个强大工具。除了 MV 之外,它还在医学成像、生命科学和国防等许多专业和工业成像应用中发挥着作用。在由日本工业成像协会 (JIIA) 主办的大会上,由 JIIA、欧洲机器视觉协会 (EMVA) 和北美自动成像协会 (AIA) 组成的 G3 联盟已将 CXP 列为一个全球标准。

许多高速流式摄像机使用 CXP 标准来最大限度地提高其易用性,使摄像机能够直接向后端图像采集卡传输大量的图像数据。在这个过程中,使用外设部件快速互连 (PCI-e) 总线标准插到计算机主板上的图像采集卡现场可编程门阵列 (FPGA) 或图形处理单元 (GPU) 将实时处理这些数据。在一个称为拼接的过程中,摄像机按行分割传输的图像,然后在图像到达图像采集卡 FPGA 时交错排列它们。只需使用一个简单的算法,每张图像就可以被“拼回去”。这种流式传输避免了在长时间录像应用中,先将数据保存到摄像机的 RAM 中再下载到电脑上的耗时过程。

根据 2011 年发布的 CXP-6 标准 (修订版 1.1),每条铜缆能以每秒 6.25 GB 的速度将数据从摄像机传输到后端接收机。以 Phantom® S990 高速流式摄像机为例,用户可以使用多达 16 个标准 CXP-6 通道。2019 年发布的较新的 CXP-12 标准 (修订版 2.0) 令人喜出望外地将这一速度提高了一倍,使 CXP-6 和 CXP-12 都成为需要高吞吐量的高速摄像机的理想选择。

在较新的 CXP-12 中,一根同轴铜缆为一条 12.5 Gbps 链路,这样,四条 CXP-12 链路通过链路聚合可以轻松达到 50 Gbps 的带宽。在连接器方面,CXP-6 使用带有推拉式锁扣系统的 DIN 1.0/2.3 连接器,而 CXP-12 使用 Micro-BNC (HD-BNC) 连接器,这种连接器带有可靠的推转式、卡口式正向锁扣,可快速、方便地连接/断开。

### CoaXPress-over-Fiber 的使用案例

**自动光学检测 (AOI)。**CXPoF 极大地扩大了 AOI 应用的范围,随着印刷电路板的小型化,制造商必须对较小的缺陷进行三维检测,这就增加了必须采集和处理的图像数据量。

**LCD 到 OLED 的检查。**有机发光二极管 (OLED) 的结构比发光二极管 (LED) 小两倍,从而导致检查步骤的数量增加了一倍。因此,在检查 OLED 时,需要传输和处理四倍的图像数据。

**印刷检查。**这些应用需要超高分辨率的彩色线扫描摄像机,而大型印刷机需要相当长的电缆。

**工业环境。**CXPoF 解决了在嘈杂的工业环境中对长电缆的需求,同时具有必要的抗电磁干扰能力。

**体育场直播。**这些应用需要很长的电缆,也需要许多摄像机。CXPoF 将多个局部 CXP (铜质) 摄像机整合在一根光纤上,这根光纤是一个 CoaXPress-over-Fiber 附件。



接口	带宽	400 万像素摄像机的帧速率	电缆长度
GigE Vision	1.0 Gbps	25 fps	100 m
USB3	5.0 Gbps	90 fps	3 ~ 7m
摄像机链路	基本: 2.0 Gbps 80-bit: 6.8 Gbps	- 180 fps	6 ~ 10 m
CXP-6	1x: 6.2 Gbps 2x: 12.5 Gbps 4x: 25.0 Gbps	~ 150 fps ~ 300 fps ~ 600 fps	40 m
CXP-12	1x: 12.5 Gbps 2x: 25.0 Gbps 4x: 50.0 Gbps	~ 300 fps ~ 600 fps ~ 1200 fps	40 m

## CoaXPress 的好处一览

- 高数据传输速率: 单根同轴电缆最高可达 12.5 Gbps, 并可扩展到多根电缆。四根电缆达到 50 Gbps, 而八根电缆达到 100 Gbps。
- 在 3.125 Gbps 时电缆长度超过 100 米, 在 12.5 Gbps 时电缆长度超过 35 米。
- 稳定、低延迟的实时传输。
- 精确的触发能力。
- 单根电缆用于图像数据传输、通信、控制和供电。
- 经济实惠的布线配件。

## CoaXPress-over-Fiber 的好处一览

- 极高的吞吐量。
- 超高的数据传输速率和帧速率。
- 许多布线配件。
- 低 CPU 开销、低延迟和图像抖动。
- 更高的带宽: 每根光纤 10 和 25 Gbps。
- 不受电噪声影响。
- 符合 J11A 和 IEEE 标准。

## 利用 CXPoF 实现更高的吞吐量

CoaXPress-over-Fiber (CXPoF) 作为较新的 CoaXPress 2.0 规范的扩展, 提供了一种在标准以太网连接 (包括光纤) 上运行未经修改的 CXP-12 协议的方法。换句话说, 它使用为以太网设计的标准电子设备、连接器和电缆, 但协议是 CoaXPress, 而不是以太网或 GigE Vision。

由于 CXPoF 将 CXP-12 标准与光纤结合起来, 这一升级消除了对多条 CXP-6 铜缆的需求。Vision Research 最近将这项技术整合到了其最新的 MV 摄像机 Phantom S991 中 (见侧边栏)。作为业界首批 CXPoF 摄像机型号之一, 它只需要两根光纤电缆, 而其前身 Phantom S990 则需要 16 根铜缆。Phantom S991 包含 8 位输出的选项, 以便在更高的分辨率下提供更高的帧速率, 并减少数据吞吐量。它还具有 128 (水平) x 8 (垂直) 的分辨率增量, 允许用户在所需的帧速率下最大化分辨率。

在带宽方面, CXPoF 在单个四通道小型可插拔 (QSFP+) 收发器模块上实现了 4 x 10 Gbps, 每台摄像机的总带宽为 40 Gbps, 与使用四条铜质同轴电缆的四条 CXP-12 链路的净带宽相同。



Phantom S991 是业界首批 CXPoF 摄像机型号之一。

## Phantom S991 的主要规格

与传统的 MV 摄像机相比,高速流式摄像机具有定制设计的互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器,像素高达900万(Mpx),曝光时间低至1微秒( $\mu$ s),速度高达每秒68万帧(fps)。例如,世界上最高吞吐量的机器视觉摄像机 Phantom S991 将世界一流的高速图像质量与高达9千兆像素/秒(Gpx/sec)或70 Gbps 的直接数据传输速度结合在一起,在9 Mpx 全分辨率下可捕获938 fps。其他主要规格包括:

- 9百万像素传感器(4096 x 2304)
- 吞吐量:9 Gpx/sec (70 Gbps)
- 4096 x 2304 时的最大帧速率为:938 fps
- 降低分辨率时的最大帧速率为:52,080 fps
- 最小曝光时间:5  $\mu$ s
- 滚动(R)和全局(G)快门
- 日光 ISO:1,600(单色)、400(彩色)
- EVMA 数据:
  - 532 纳米处的量子效率(QE) (%): 59.5(G); 57(R)
  - 暗噪声(e-):30.04(G); 10.02(R)
  - 动态范围(dB):55.8(G); 68.6(R)

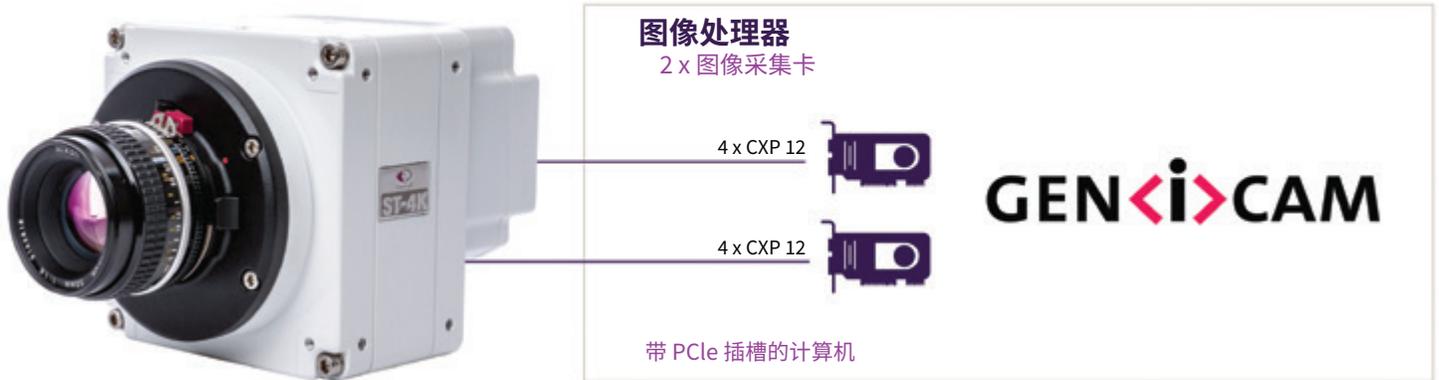
例如, Phantom S991 提供与 S990 相同的吞吐量,但它只使用两个 QSFP+ 收发器模块和两条光纤电缆。S991 还使用了 Kintex® UltraScale+™ FPGA 和 Euresys CXP-12 IP 内核和 CoF 网桥。在摄像机内,该网桥将 CoaXPress 数据包转换为 XGMII(万兆介质无关接口)数据包,然后将它们发送给以太网物理编码子层(PCS)或物理介质连接(PMA)模块。在图像采集卡内,网桥还将 XGMII 数据包转换为 CoaXPress 数据包。



Phantom S991 提供与其前身 Phantom S990 相同的吞吐量,但它只使用两个 QSFP+ 收发器模块和两根光纤电缆。

## CXPoF 的好处

CoaXPress 标准由于其独特的高带宽、低延迟、高稳定性和出色的可靠性而获得了成功。当集成到高速摄像机中时,它改善了数据传输过程,使用户能够以极快的帧速率获得高质量的图像。CoaXPress-over-Fiber 保持并发扬了这些优点。例如,由于 CXPoF 是现有 CXP 标准的扩展,高速成像专家在升级其摄像机时可以利用相同的编程。



高吞吐量流媒体应用的设置。

由于它使用以太网组件，CXPoF 也只需要标准的以太网连接器和电缆，从而保持低成本。同时，随着以太网正朝着更高的带宽发展，比如最终实现 400 千兆以太网，它也跟着利用以太网发展带来的好处。



印刷检测是 CoaXPress-over-Fiber 技术的众多使用案例之一。

除了具有与以太网相关的好处外，用户还可以享受光纤的所有优势。这些电缆小而轻。与铜缆相比，光纤技术还可以处理更高的带宽，而且它对电噪声免疫，这一特性对于嘈杂的生产车间和医疗应用是非常理想的。

CXPoF 为新的高速 MV 应用打开了大门，同时，也简化了那些已经在使用高速 MV 的应用流程。例如：

- **CXPoF 消除了复杂、易出错的中继器。**在 CXP-12 标准之前，用户不得不部署昂贵的中继器来将 CXP-6 标准转化为光纤，导致成本增加了数千美元。这种配置也产生了非常多的电缆接口，以及许多潜在的故障点。CXPoF 简化了这种配置，消除了对中继器的需求及其潜在的故障点。
- **CXPoF 支持更远距离的拍摄。**CXPoF 使 MV 现在适用于需要在更远距离进行拍摄的应用，这项工作以前需要使用许多昂贵、复杂的中继器。现在，用户可以很容易地在几英里外设置他们的 MV 摄像机，而不必担心在连接外部设备时出现恼人的问题。而随着单模收发器和电缆的出现，电缆的长度不再有限制。这一优势也使 MV 更容易被集成到涉及弹道或爆炸物的应用中，这些应用就其性质而言，要求摄像机操作员远离拍摄现场。
- **CXPoF 降低了系统的复杂性。**CXPoF 只需要两个图像采集卡，而不是四个，从而进一步减少了故障点。无论拍摄距离如何，用于连接收发器的电缆数量都从 16 根铜缆减少到了 2 根光缆，线缆重量更轻，布线更简便。



## 了解更多信息

作为高速成像领域的一种颠覆性电缆技术, CXPoF 技术提供了许多好处, 可以在 MV 应用中实现极高的吞吐量。通过将 CXP-12 标准与光缆技术相结合, 使用标准以太网组件的 CXPoF 同时具有高带宽和低延迟这两大特点, 并且其带宽在未来肯定还会得到增加。

**要了解更多信息, 请访问:**

**[www.phantomhighspeed.com/Support](http://www.phantomhighspeed.com/Support)**

## 关于 Vision Research

Vision Research 是 AMETEK 公司材料分析事业部的一个业务部门, 专门设计和制造高速摄像机。Phantom 摄像机以高感光度、高图像分辨率、采集速度和图像质量著称, 这些特质对分析高速现象必不可少。

Vision Research 提供标准和机器视觉高速摄像机, 可以满足各行业的需求。从 VEO 系列到 TMX 系列, 自带内存的标准摄像机是研发应用的完美选择。Phantom 机器视觉摄像机为需要实时处理或长时间录像的应用提供了质量不打折扣的成像性能。它们为变形细胞仪和详细的电子产品检查等具有挑战性的应用提供了出色的性能。



某些 Phantom 摄像机需要出口许可证。有关更多信息, 请访问 [www.phantomhighspeed.com/export](http://www.phantomhighspeed.com/export)。