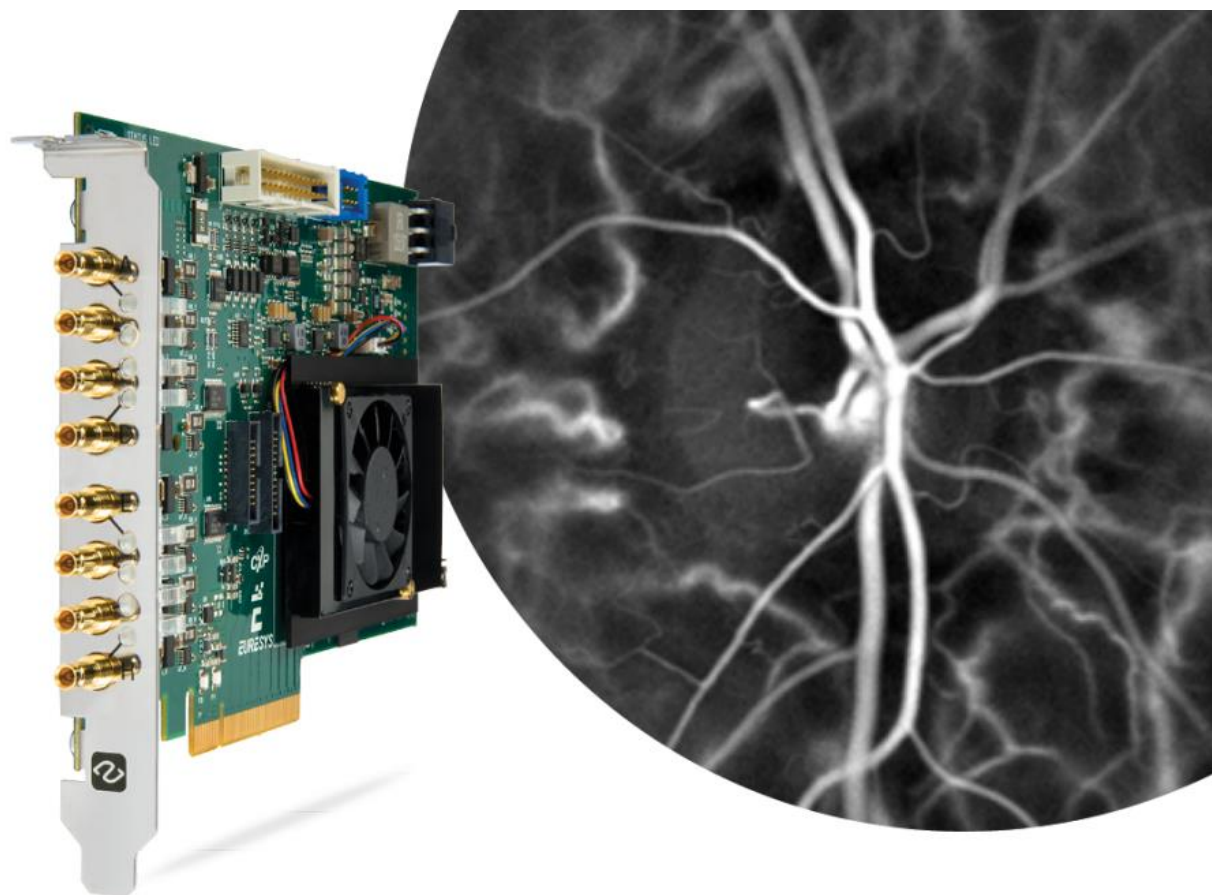


【应用案例】通过速度最快的相机和采集卡实现医学成像的实时全息渲染

前言

在临床眼科中使用 **Coaxlink 技术**，可以克服全息激光多普勒成像装置实时观察眼底血管的局限性。血流检测在许多眼部疾病的诊断中起着核心作用。例如年龄相关性黄斑变性、青光眼、糖尿病性视网膜病变等可导致永久性视力丧失的眼部疾病。

测量眼部血流量的动机是研究血管化在疾病发展中的作用：及早发现疾病，在视力丧失之前阻止疾病进展；以及评估管理治疗的效率。采用 **CoaXPress** 图像传输标准的超高速数码相机问世后，实现了数字图像采集与高频激光多普勒测量的兼容。它为视网膜血管血流的无创成像提供了非凡的性能和图像质量。



眼部血流成像的目标是：以高空间分辨率显示血管；量化所有血管中的血流（cm/s 或 $\mu\text{l}/\text{min}$ ）；以高时间分辨率测量变化。

眼部血流成像的目标是：

- 以高空间分辨率显示血管
- 量化所有血管中的血流（cm/s 或 $\mu\text{l}/\text{min}$ ）
- 以高时间分辨率测量变化

方案介绍

在这个实施示例中，一台高速、先进的高分辨率相机捕捉到了眼底血管的细节及其动态变化，并可显示出心跳的节奏。形态和时间细节对于实时重建原位血管及其可能病变的精确全息图像非常重要。

相机制造商在提高传感器图像质量和直接数据传输速度方面取得了巨大进步，能够以前所未有的分辨率和数据速率流式传输图像。随着光学传感器的尺寸不断得到改善，速度不断得到提高，现在使用 AMETEK 旗下 Vision Research 公司的 **Phantom S710 相机** 可以每秒 20,000 帧以上的帧率捕捉 512x512 像素（12 位）的图像。

Phantom S710 高速摄像机为机器视觉应用提供高达 7 Gpx/s (87.5 Gbps) 的数据吞吐量，它借助 VEO 710 高速摄像机的性能和极高的帧速率、通过 CXP6 协议来实现机器视觉应用。Euresys 为特定相机（例如 Phantom S710）提供示例程序，用户可以在此基础上进行适用性修改以支持更多的高速相机。

此前的相机方案已经可以存储同样吞吐量水平的数据，但只支持在检查完成以后进行下载和分析。但如今的研究人员和从业者需要能够实时采集、显示和分析数据，以便能够立即用于解决现实问题。

此外，随着图形处理器(GPU)的出现，信号处理能力随之大大提高。在这种情况下，在相机和处理器之间高速实时传输数字数据就成为一大关键因素。GPU 直接传输消除了不必要的系统内存拷贝工作，降低了 CPU 开销，减少了延迟，从而显著改善了应用程序的数据传输时间。

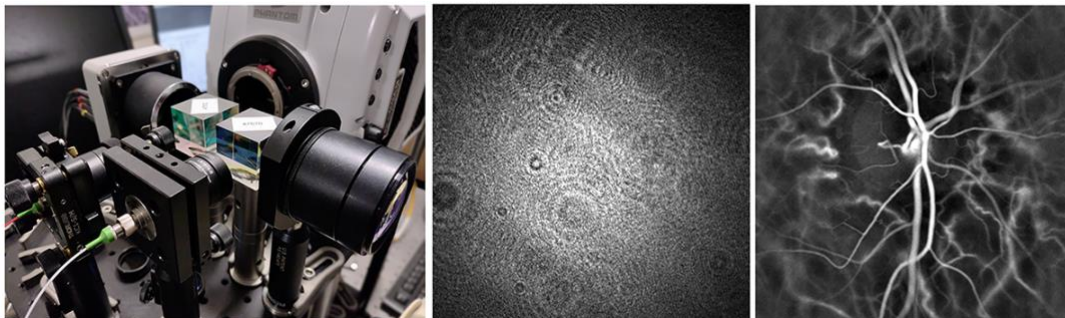
要实现这种数字数据传输能力，取决于该方案的这两个参数：**最高连接速度和并行连接数量**，同时还需要保证数据完整性和时序稳定性。于是，我们选择了 CoaXPress 工业视觉标准。这是因为该标准能够在不丢失任何信息的情况下以极高的速度实时传输图像。另外，Euresys 提供的 C2C-Link 能实现同一 PC 或远程 PC 中一个或多个 Coaxlink 卡相连的多台相机的同步。可以通过 PC 内 C2C-Link 带状电缆进行这种同步连接（同步同一台 PC 中的多个板卡）。

正是考虑到这一点，Langevin Institute 与巴黎 Quinze-Vingt 医院合作，选择将 EURESYS 的 Coaxlink Octo 卡与 Phantom S710 相机结合使用。该卡提供 8 个 CoaXPress CXP-6 连接器 (5,000 MB/s)，可用来设计新型临床全息多普勒成像装置，成像装置的图像采集和渲染软件由 Holovibes Digital Holography Foundation 开发。

EURESYS Coaxlink Octo 采集卡与 CoaXPress 标准兼容。与 EURESYS Coaxlink 系列的所有型号一样，当同一台计算机上安装了两张或更多的采集卡时，可以同步运行。无论传输的图像多大，它们都能保证 Phantom S710 相机发挥最大传输能力。

它在一台电脑中成对使用，以达到 Phantom S710 相机通过它的 16 路 CoaXPress CXP-6 通信端口提供的帧率。这两张 EURESYS Coaxlink Octo 卡管理同步的采集数据，实时重建单个全局图像，通过直接访问内存（直接内存访问 - DMA），Coaxlink Octo 图像采集卡还包括 Memento 调试工具，可记录与相机、图像采集卡、驱动程序和应用程序相关的事件的准确日志。通过上下文信息和逻辑分析器视图，它为所有流数据提供了时间戳事件的精确日志。该工具提供接近 1 微秒的精度，使其成为解决时间问题（如识别电缆、触发和缓冲问题）的理想选择。

在这个过程中，Holovibes 应用程序可以实时处理采集的激光干涉图，以极小的延迟构建并显示高质量的全息激光多普勒图像。Coaxlink 技术造就了这一前所未有的性能，标志着超快全息多普勒激光在眼科成像领域迈出了重要一步。与磁共振成像(MRI)、计算机断层扫描(CT)和超声波成像等其他医学成像技术一样，基于高速数字计算的图像渲染技术在取得这些改进后，诊断领域势必会带来重大进展。



临床全息多普勒成像装置 (左图) R 记录的干涉图 (中间图)，通过数字计算构建的全息多普勒图像 (右图)

Phantom S710 和 Coaxlink Octo 图像采集卡的组合在眼科成像和许多其他应用中提供了无与伦比的性能。测试可以在当前可用的相机和图像采集卡所需的一半时间内完成，大大减少了患者的不适感和测试成本。