



WHITEPAPER

机器视觉的新兴协议

Pleora Technologies Inc.
pleora.com

March 2025

引言

机器视觉正在改变行业，使系统能够精确、快速地处理、解释和响应视觉数据。随着自动化、机器人技术和人工智能的不断发展，应用日益复杂，需要先进的协议来应对高速数据传输、实时处理和互操作性。

璞加（Pleora）在机器视觉领域的新兴协议电子书重点介绍了重新定义成像系统未来的协议。这些协议包括RoCEv2、Thunderbolt和PCIe，解决了延迟、带宽和可扩展性等关键挑战。



机器视觉的新兴协议

10GbE

10GbE的数据传输速率可达每秒100亿比特。该光纤标准通常被称为10 GigE或10GE，于2002年推出，并于2006年与铜缆标准（10GBASE-T）相结合，进一步得到增强。虽然10GbE的速率比千兆以太网（1 GbE）快10倍，但其采用率一直较为缓慢。

10GbE以GigE Vision作为其协议框架，用于标准化机器视觉应用中的图像和数据流传输。

GigE Vision标准可通过标准以太网网络在摄像头和主机系统之间快速、可靠地传输高分辨率图像和数据。它支持长电缆（使用Cat5e/6电缆时最长可达100米），并通过符合GenICam标准，促进不同制造商的设备之间的互操作性。

GigE Vision适用于工业自动化、质量控制和多摄像头系统，具有高带宽、可扩展性和易于集成的特点。

10GbE的主要特点是：

- **高数据传输速率：**10GbE支持10 Gbps的数据传输速率，适合高分辨率视频流、大规模数据传输和云计算等带宽密集型应用。
- **低延迟：**10GbE具有低延迟和减少网络延迟的特点，适用于远程医疗和工业自动化等需要实时数据传输的应用。



-
- **向后兼容：**10GbE可与之前的以太网标准兼容，进而简化升级并集成现有基础设施。
 - **可扩展性：**10GbE提供的高带宽使其成为可扩展网络的理想选择，例如数据中心、云环境和高性能计算（HPC）集群，这些网络需要处理和传输大量数据。
 - **灵活的媒体支持：**可根据距离和应用需求在铜缆和光纤上部署10GbE。铜缆支持的最大距离为100米，而光纤支持的最大距离可达10公里甚至更长！

10GbE是一种通用协议，适用于对速率、可靠性和灵活性要求极高的高性能应用。

10GbE的应用极其广泛，包括：

- **机器视觉和工业自动化：**10GbE通常用于需要高速摄像头和实时数据处理的机器视觉系统，例如自动质量检测、机器人和生产线监控。该协议能够快速传输大型图像数据集，确保实时自动化流程中的快速决策。
- **医学成像：**10GbE支持高速数据传输，用于生成大尺寸高分辨率图像的X光探测器，进而实现实时图像处理和更快诊断，提高工作流程效率和患者护理水平。
- **监控和安全：**10GbE部署在视频监控系统，高清摄像头需要实时数据传输到中央监控系统。
- **航空航天和国防：**10GbE在航空航天和国防领域用于无人机监控、飞机传感器网络和军事通信等系统的实时数据处理。
- **电信：**10GbE支持高速骨干网络，用于处理互联网服务提供商、数据中心和客户场所之间的视频会议、VoIP和大规模互联网访问的大量数据。

10GbE与早期以太网标准的向后兼容性，使其成为经济高效且可扩展的解决方案，适用于希望升级网络基础设施而不必更换现有系统的组织。高速数据传输、低延迟和广泛兼容性的结合使10GbE成为现代网络和实时数据处理应用的重要工具。

10GbE的优势显而易见—它具有**高速、低延迟、可扩展性和实时性能**。

USB4

USB4（通用串行总线4）是USB数据通信标准的最新技术规范，它使多个设备能够动态共享单个高速数据链路。

USB4的主要特点包括：

- **更快的数据传输速率：**USB4支持高达40 Gbps的数据传输速率，是USB 3.2（20 Gbps）最大速率的两倍。
- **兼容Thunderbolt 3：**USB4集成了Thunderbolt 3功能，允许带有USB4端口的设备连接到Thunderbolt 3外围设备。它保持与USB 3.x和USB 2.0的向下兼容性，为设备连接提供了急需的灵活性。
- **动态带宽分配：**USB4可在数据和显示协议之间动态分配带宽，根据传输的数据类型对可用带宽的使用进行优化。这特别适用于同时处理视频和数据（如扩展坞）的设备。
- **支持多种数据和显示协议：**USB4可在同一根电缆上支持PCIe和DisplayPort等多种协议，进而更有效地利用单个端口实现数据传输和视频输出等多种功能。
- **USB供电（USB PD）支持：**USB4支持USB供电（USB PD）标准，可让设备快速充电并传输高达100W的电力。这种支持对于笔记本电脑、平板电脑和其他耗电设备至关重要。

USB4 具有极高的通用性，因其速率、灵活性以及对多种数据和显示协议的集成，被广泛应用于高速网络、高分辨率显示器、扩展坞和医疗设备等领域。

USB4 的应用极其广泛，包括：

- **外部存储设备：**USB4 具有超快的数据传输速率，适合大容量外部硬盘、固态硬盘和 RAID 存储系统。用户可以快速传输大文件，包括高分辨率视频、照片和备份。
- **高分辨率显示器：**USB4支持DisplayPort 2.0，可输出到高分辨率显示器，包括4K、8K甚至更高分辨率。它允许用户通过单个USB4端口连接多个显示器，适合那些希望提高工作效率和激发创意的专业人士。

-
- **音频/视频广播和媒体流：**USB4实现高带宽视频和音频流传输，支持广播、视频制作和直播中使用的专业相机和音频接口等设备。
 - **高性能计算：**外部GPU（eGPU）等设备可以利用USB4的高带宽连接至笔记本电脑和台式电脑。
 - **虚拟现实（VR）和增强现实（AR）：**USB4的高数据传输速率对于VR和AR应用至关重要，这些应用需要超低延迟和高吞吐量，以通过头戴式设备或外部传感器提供身临其境的体验。

USB4代表了通用数据传输和设备连接技术的重要飞跃，它提供了多项关键改进，可满足现代计算和消费电子不断发展的需求。

USB4对于数据密集型应用至关重要。 **它提供速率、灵活性，可与多种协议集成。**



RoCE

我们研究的第二种新兴机器视觉协议是RoCE，这是一种高性能通信标准，可经由聚合以太网实现远程直接内存访问（RDMA）。它允许数据直接在设备内存（如摄像头和处理器）之间传输，无需CPU、操作系统或缓存。

该过程可减少延迟和CPU开销，显著提高数据传输效率、实时通信和互操作性。

RoCE的主要特点是：

- **增强性能：** RoCE的高数据传输速率和低延迟显著提升了机器视觉系统的性能，进而实现更快、更准确的图像处理。
- **降低延迟：** 通过最大限度地减少延迟，RoCE可确保实时数据处理和分析，这对于需要立即响应的应用（如自动检查和机器人引导）至关重要。RoCE绕过CPU进行数据传输，大幅降低了延迟，适合高性能应用。
- **高效的CPU利用率：** 由于数据传输直接由网络接口卡（NIC）处理，CPU可以自由执行其他任务，进而提高整体系统效率。
- **更低的功耗：** RoCE能够从CPU卸载数据传输任务，进而降低整体功耗，适合节能型机器视觉系统。
- **可扩展性增强，简化集成过程：** RoCE支持可扩展的系统设计，可轻松扩展和适应不断增长的性能需求以及不断增加的数据量，此外，它还兼容标准以太网基础设施，简化了集成过程，缩短了部署时间和成本。

RoCE有两个版本。RoCE v1经由第二层以太网运行，这意味着它不能跨子网路由，并且仅限于单个以太网广播域。RoCE v2经第三层运行，允许其在IP网络中路由。该版本具有更高的灵活性和可扩展性，适用于更大、更复杂的网络拓扑结构。

RoCE的应用包括：

- **数据中心：** 通过减少延迟和提升吞吐量来提高存储和网络应用的性能。
- **高性能计算（HPC）：** 通过实现快速、低延迟的数据传输，提升HPC应用的性能。

- **机器学习和人工智能：**支持训练复杂模型和处理大型数据集所需的高速数据传输。

在合规性和互操作性方面，RoCE旨在与标准以太网基础设施配合使用，并与各种以太网和InfiniBand技术兼容，确保广泛的互操作性和易于集成。尽管如此，正确的网络配置，包括服务质量（QoS）设置，对于确保最佳性能和减少拥塞至关重要。

硬件需要支持RDMA和RoCE协议的NIC，而软件支持可能需要特定的驱动程序和软件栈，以便在受支持的硬件上启用RDMA功能。

RoCE的优势显而易见——**高性能、低延迟，同时保持可靠和可扩展的网络环境。**



CoaXPress

CoaXPress是一种高速数字视频传输标准，主要用于机器视觉应用。该协议可经由一根同轴电缆传输视频、控制信号和电源。CoaXPress以其支持高数据速率、长电缆长度和强劲性能而著称，适用于工业和科学成像应用。

CoaXPress的主要特点包括：

- **高数据传输率：**支持高速数据传输，每根电缆的数据传输率介于1.25 Gbps (CXP-1) 到12.5 Gbps (CXP-12) 。可并行使用多根电缆，以实现更高的总数据传输率。
- **长电缆长度：**允许长距离电缆传输，CXP-6最长可达40米，CXP-12最长可达30米，CXP-1至CXP-3最长可达100米以上，无需中继器，适用于摄像机需要远离处理单元的应用。
- **数据、控制和电源同时传输：**支持在同一根同轴电缆上传输视频数据、摄像机控制信号和电源，简化系统设计并减少布线需求。
- **低延迟和实时性能：**提供低延迟通信，这对于高速工业检测和运动分析等实时应用至关重要。
- **可扩展性：**可通过添加额外的同轴电缆或升级到更高速率的标准版本进行扩展，以支持多台摄像机和更高的数据传输速率。
- **向后兼容：**该标准向后兼容，这意味着较新版本的CoaXPress兼容于较旧版本，确保升级路径顺畅无阻。



CoaXPress是一种功能强大且用途广泛的视频传输标准，旨在满足工业、医疗、科学和其他先进应用中对高速、高分辨率成像的需求。它兼具高数据速率、长电缆长度，支持同步数据、控制和电力传输，适用于复杂成像系统。

CoaXPress的应用极其广泛，包括

- **机器视觉：**用于自动化检测系统、质量控制和生产线监控，在这些应用中，高速、高分辨率成像至关重要。
- **科学成像：**应用于显微镜、天文学和其他需要高速精细成像的科学领域。
- **广播和娱乐：**用于广播领域的高速、高清晰度视频捕捉。
- **军事和航空航天：**部署于国防领域的监控、侦察和导弹制导系统中。

CoaXPress 是一种功能强大且用途广泛的协议，旨在满足高速、高分辨率成像系统的苛刻要求。它能够以低延迟长距离传输视频、控制信号和电力，使其成为各种工业、医疗和科学应用的首选。

虽然存在实施成本和来自其他标准的竞争等挑战，但 CoaXPress 的优势显而易见：**可在长电缆长度上提供高数据传输速率和稳健性能。**



Thunderbolt

我们将首先介绍Thunderbolt，这是一种高带宽、多功能、高效的解决方案，可通过单一连接传输视频、数据和电力。它能够支持多个高分辨率显示器，并且兼容其他协议和设备，它是一款强大的工具，适用于寻求高性能连接方案的用户。

Thunderbolt的主要功能包括:

- **高带宽：** Thunderbolt 1支持每通道10 Gbps（双向总计20 Gbps），而Thunderbolt 2支持20 Gbps，将两个10 Gbps通道合并为一个20 Gbps双向通道。Thunderbolt 3和4可提供40 Gbps的传输速率。
- **多协议支持：** 支持多种协议，包括PCI Express（PCIe）、DisplayPort和USB。允许在同一根电缆上同时传输数据和视频。
- **菊花链：** 支持最多六个设备的菊花链，并允许将多个设备串联，减少电缆杂乱。
- **视频支持：** 支持DisplayPort 1.2及更高版本（Thunderbolt 3为1.4，Thunderbolt 4为2.0）。能够驱动多个高分辨率显示器。Thunderbolt 3和4最多可支持两个60 Hz的4K显示器或一个60 Hz的5K显示器。

-
- **供电：**Thunderbolt 3和4支持USB 供电（USB-PD），可为设备充电（最高100W）。
 - **兼容性：**Thunderbolt 3和4使用USB-C连接器，与USB-C设备兼容。通过适配器与Thunderbolt早期版本（1和2）向后兼容。

Thunderbolt的应用多种多样，包括：

专业工作站：适合高分辨率多显示器设置，进行图像处理、视频编辑、3D渲染和图形设计。

扩展坞解决方案：通过单一Thunderbolt线缆，笔记本电脑可无缝连接至多个外部显示器和外围设备。

高性能计算：便于连接高性能外部GPU（eGPU），进而提高笔记本电脑和紧凑型台式机的性能。

通过严格的认证流程、多协议支持和标准遵从，Thunderbolt 确保在各种设备和平台之间实现可靠、高性能的连接。

用户受益于无缝集成、多功能连接选项，以及认证产品符合质量和性能标准的保证。**它通过单一连接提供高带宽和多功能性。**



MIPI

MIPI（移动行业处理器接口）协议是MIPI联盟为在移动和受移动影响设备中集成高速接口而开发的一套标准。MIPI协议因其高效、可扩展和低功耗的特性而广泛应用于各个行业。

MIPI的主要特点包括：

- **高速数据传输：**MIPI协议（如CSI-2（相机串行接口）和DSI（显示串行接口））专为高速数据传输而设计。它们支持的数据传输速率可满足现代高分辨率相机和显示器的需求。
- **低功耗：**MIPI协议针对低功耗进行了优化，有助于
- **延长移动设备、可穿戴设备和其他便携式电子产品的使用寿命。**
- **可扩展性：**MIPI协议具有高度可扩展性，允许使用多条通道视需要提升数据吞吐量。这种可扩展性支持各种应用，无论是简单的低功耗传感器还是高性能摄像头和显示器，使MIPI能够满足不同的系统需求。
- **紧凑设计：**MIPI协议能够实现紧凑高效的设计，减少引脚数量和物理接口尺寸，这在嵌入式系统等空间受限的设备中尤为有利，因为这些设备需要尽可能减小尺寸和重量。
- **向后兼容：**MIPI协议通常与之前的版本保持向后兼容性，进而能够轻松升级和集成新技术，而无需完全重新设计现有系统。



-
- **嵌入式时钟：**许多MIPI协议（如CSI-2和DSI）将时钟信号嵌入数据流中。这减少了所需的信号线数量，简化了设计并提升了信号完整性，尤其是在高数据速率下。

MIPI协议旨在迎合使用者对现代电子产品的各种需求，在紧凑设计中提供高速数据传输、低功耗、可扩展性和强大性能。

MIPI的应用极其广泛，包括：

- **成像设备连接性：**MIPI已成为智能手机和平板电脑中连接摄像头、显示屏和其他组件的关键标准。随着边缘和智能视觉应用设备的不断发展，MIPI CSI-2（摄像头串行接口）和MIPI DSI（显示屏串行接口）等特定协议在低功耗、低占用空间的嵌入式解决方案中用于连接摄像头传感器和显示屏。
- **汽车系统：**在汽车应用中日益普及，包括高级驾驶辅助系统（ADAS）、信息娱乐系统和车载网络。具体协议包括用于连接ADAS、环视系统和驾驶员监控中摄像头的MIPI CSI-2、用于连接信息娱乐系统中的显示器的MIPI DSI以及用于汽车环境中长距离、高速数据传输的新协议MIPI A-PHY。
- **医疗设备：**MIPI协议用于便携式医学成像系统、诊断设备和患者监护设备等医疗设备。其中两个特定的协议分别是用于高分辨率医学成像传感器的MIPI CSI-2和用于连接各种医学传感器和外设的MIPI I3C。
- **安全和监控系统：**MIPI协议用于安全摄像头、智能门铃和其他监控设备，其中MIPI CSI-2协议用于捕捉和传输高质量的视频片段。

MIPI通过提供标准化接口，实现了高性能、高能效和可扩展的设计，在现代电子设备的发展中扮演着至关重要的角色

虽然存在集成复杂性和功耗等挑战，但MIPI的优势显而易见：**它速率快、可扩展、结构紧凑且向后兼容。**

PCIe

PCI（外设组件互连高速总线）是一种高速、可扩展的接口标准，用于将图形卡、摄像头、固态硬盘（SSD）、网卡和其他硬件等外设连接到计算机的主板。

这是一种点对点连接，可实现处理器（CPU）与所连接设备之间的高带宽、低延迟通信。它旨在取代旧的PCI、PCI-X和AGP总线标准。

PCIe的主要特点是：

- **高数据传输速率：**PCIe支持不同代产品，每代产品均提供更快的数据传输速率。设备可在x1、x4、x8、x16配置下运行，其中通道数量直接影响带宽。
- **低延迟、高效率：**PCIe可在CPU和连接设备之间实现快速、直接的通信，适合数据中心和机器视觉等高性能应用。它采用基于数据包的数据传输，消减了与PCI等共享总线相关的开销。
- **向后兼容：**PCIe向下兼容，旧版PCIe卡可以插入新版PCIe插槽，反之亦然。不过，设备将以最低通用速率运行（例如，PCIe 2.0卡插入PCIe 4.0插槽将以PCIe 2.0速率运行）。
- **电源效率：**PCIe集成了多种电源管理功能，例如主动状态电源管理（ASPM），有助于在设备空闲或负载较低时降低功耗。电源状态可根据系统的性能需求动态调整电源，使PCIe适用于高性能和节能应用。
- **可扩展性和通道配置：**PCIe是一种可扩展的接口，支持不同的通道配置：x1、x4、x8、x16等。每个通道都是一对差分信号线，一对用于传输，另一对用于接收，可实现全双工通信。增加通道数量可提高带宽，使协议足够灵活，能够处理具有不同数据需求的设备。

PCIe的应用极其广泛，包括：

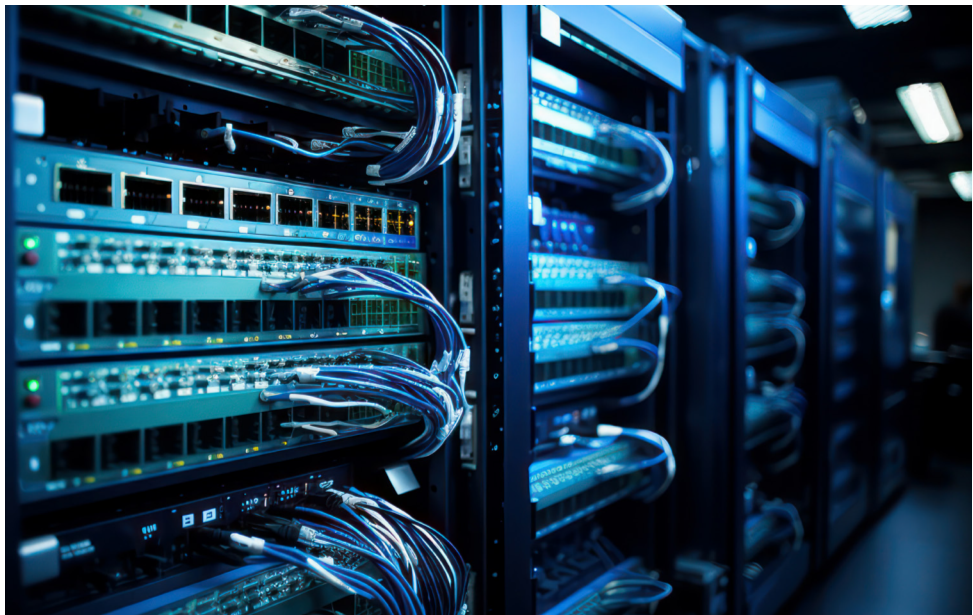
- **机器视觉系统：**PCIe通常用于需要从相机到处理单元高速数据传输的工业相机和机器视觉系统。它以高帧速率处理大量图像数据，用于实时分析。

-
- **图形卡（GPU）：** PCIe是连接高性能GPU与主板的标准接口。它允许CPU和GPU之间快速传输数据，这对于在游戏、视频编辑和3D建模中呈现高分辨率图形至关重要。
 - **存储设备（非易失性存储器高速固态硬盘）：** PCIe是NVMe SSD的基础，相比于传统的基于SATA的SSD，它具有更快的数据读写速率。PCIe提供高速数据存储和检索所需的高带宽、低延迟连接功能。
 - **网络（高速网卡）：** PCIe通常用于网络接口卡（NIC），包括10GbE、40GbE甚至100GbE以太网卡，为高带宽应用提供快速、可靠的网络通信。

嵌入式系统：PCIe因其可扩展性、高能效和高速数据传输能力，日益地用于嵌入式系统。它连接嵌入式环境中的各种外围设备，如传感器、存储器和处理器。

PCIe 的多功能性、可扩展性和高速能力使其成为现代计算的支柱，支持各种行业的广泛应用。

PCIe 协议的兼容性和互操作性对于确保计算系统中各种组件的无缝运行至关重要——它速率快、可扩展性强、用途广泛。



SLVS-EC

可扩展低电压信号与嵌入式时钟（SLVS-EC）是索尼半导体解决方案公司（SSS）为快速、高分辨率图像传感器开发的高速接口。

该接口的简单协议使其易于创建摄像头系统。它具有嵌入式时钟信号，适合需要更高速率、更少通道或更远距离传输的应用，以及像素和速率要求日益提高的工业图像传感器。

SLVS-EC的主要特点如下

- **高数据传输率：**SLVS-EC支持高数据传输率，能够快速将大量图像数据从传感器传输到处理单元。每通道10 Gbps，多个通道组合可实现更高的总数据传输速率。
- **低功耗：**SLVS-EC设计用于低电压水平下运行，与其他高速接口相比，有助于降低功耗。在无人机和便携式医疗成像设备等电池供电的设备中，低功耗至关重要，因为电源效率直接影响电池寿命。
- **嵌入式时钟：**SLVS-EC采用嵌入式时钟信号，这意味着时钟信号嵌入在数据流中，而不是单独传输。这减少了所需的引脚数量，简化了设计，使设备更小、更紧凑。嵌入式时钟还增强了信号完整性，提升了高速数据传输的可靠性。



-
- **可扩展性：**SLVS-EC接口具有卓越的可扩展性，这意味着它可以根据应用需求支持不同数量的通道（通常为1至8个）。这使设计具有灵活性，能够针对不同的性能水平对接口进行优化，从低功耗的单通道配置到高速的多通道设置。
 - **与高端图像传感器的兼容性：**SLVS-EC经过特殊设计，与高端图像传感器兼容，包括用于高级机器视觉系统的图像传感器。这种兼容性确保SLVS-EC能够处理现代图像传感器的大数据输出，支持高质量的图像捕捉和处理。

SLVS-EC的应用多种多样，包括：

- **机器视觉：**SLVS-EC广泛应用于工业自动化和检测系统，在这些系统中，高速图像捕捉和处理对于质量控制、缺陷检测和生产线监控至关重要。
- **汽车系统：**SLVS-EC可用于高级驾驶辅助系统（ADAS）、自动驾驶汽车和车载摄像头，用于环视系统、车道偏离警告和物体检测等应用。
- **广播和专业视频：**SLVS-EC用于专业摄像机和广播设备，可处理4K和8K视频录制和直播所需的高数据速率。
- **医学成像：**该协议适用于内窥镜、超声波机和诊断相机等医学成像设备，这些设备依靠高分辨率成像进行精确诊断和治疗。
- **安全与监控：**SLVS-EC可用于高级监控系统，包括用于大型设施、城市和关键基础设施的高分辨率安全摄像头和监控系统。

SLVS-EC的优势显而易见：**它是一种可扩展且高效的接口标准，可满足高性能图像传感器的种种挑战。**

结论

Thunderbolt和MIPI等协议能够实现实时数据处理、增强带宽和无缝互操作性，这对于满足自动化、人工智能和物联网需求的行业至关重要。这些创新解决了延迟和可扩展性等关键挑战，同时确保系统保持成本效益和面向未来。

随着机器视觉继续扩展到更多关键领域，这些协议将继续发挥关键作用，确保系统能够满足现代应用的需求。

璞加（Pleora）是实时连接领域的领导者，在工业自动化、安全和国防以及医学成像应用方面拥有25年的专业经验。

如需了解璞加（Pleora）解决方案的更多信息，请访问 pleora.com