



高速，最高可靠性：

# ATLAS10相机下的RDMA (远程直接内存访问) 技术

随着新技术的出现，高速数据传输的格局在不断演变，以满足带宽密集型应用日益增长的需求。以太网UDP协议由于其简单性和低延迟性，多年来一直是GigE Vision相机数据流的首选协议。然而，随着对超过1千兆的带宽应用的需求不断上升，需要一个更有效和可靠的传输标准来处理大量增加的数据。这个高速可靠的处理大量数据的需求引发了远程直接内存访问(或称RDMA)技术的采用，其作为UDP的一个可行的替代品，非常适用于10G和25G的多相机应用。

虽然UDP提供了卓越的性能和简单性，但它在流量控制和数据包重传方面有固有的限制。另一方面，RDMA通过绕过CPU和操作系统将图像数据直接存储到主机的内存中，提供了一种更强大和有效的数据传输方法。这就把CPU解放出来，用于其他关键的视觉处理任务，从而产生更快和更有效的图像流。此外，RDMA的内置可靠性功能，包括流量控制和数据包重传，使其成为管理现代高带宽应用产生的大量数据的理想选择。

## 包含:

- 为什么在GIGE VISION标准中使用UDP?
- 用于万兆以太网相机时UDP的挑战
- 消除CPU的瓶颈
- 汇聚以太网上的远程DMA(ROCE V2)
- RDMA连接和传输步骤+注意事项!
- 用于GIGE VISION的RDMA
- GPU内存怎么样?
- UDP与RDMA的基准比较
- 未来是快速的

如果你正在为你的GigE Vision相机寻求一个更可靠的高速数据传输解决方案，现在是时候仔细研究一下RDMA了。在这篇文章中，我们将深入探讨这项技术如何优化你的视觉应用，并对其相对于传统以太网协议的优势提出新的见解。

## 为什么在GIGE VISION标准中使用UDP？

当GigE Vision控制协议 (GVCP) 建立时 (2006年)，相机供应商选择UDP作为网络协议，不仅因为其高效的数据流性能，而且还因为其简单性。操作者、设计者和集成商可以迅速将UDP落实到标准中，并在UDP的基础上增加缺失的可靠性功能，这些功能在软件的应用层面运行，利用主机PC和相机固件的CPU资源。这些可靠性功能对相机供应商来说是可选的，如果供应商选择放弃这些功能，则会变得更加简单。GigE Vision标准通过定义设备控制、流、发现和以太网的传输协议，使以太网设备能够使用UDP进行通信。GVCP：

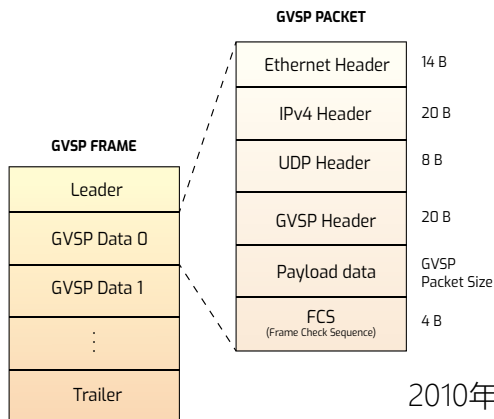


图1: GVSP帧和数据包的分解

- 定义了GigE Vision应用如何配置和建立对设备的控制。
- 规定了不同的数据类型和传输方法，用于将图像从相机传输到PC，包括一个可选的数据包重传功能。
- 包括GigE设备发现机制，它定义了如何在网络上找到设备。

2010年，一个远程直接内存访问 (RDMA) 技术的标准被引入，并被命名为远程DMA over Convergent Ethernet (RoCE，发音为“Rocky”) RoCE v1.但直到2014年RoCE v2标准的建立，RDMA技术才变得更加通用，能够在第三层 (IP) 网络上发挥作用。(关于这个主题的进一步细节可以在第4页找到)。在发布时，RDMA技术主要用于数据中心环境，缺乏现成的消费者级RDMA硬件和组件。硬件和软件供应商对GigE Vision和RoCE标准的支持程度也有很大不同，GigE Vision由机器视觉相机和软件制造商设计和支持，而RoCE主要得到IT和半导体公司的支持。

尽管UDP是被选中的协议，但相机制造商和客户都明白，数据传输的可靠性是不能被完全忽视的。GigE Vision标准也包括了类似于传输控制协议 (TCP) 的可靠性特征部分，这些可选特征被添加到每个数据包的头中。GigE Vision标准包括一个带有序列信息的GVSP头，允许一个帧的数据包不按顺序发送，并在交付后重新对齐。如果一个数据包被丢弃，GVSP头也有利于数据包的重传。

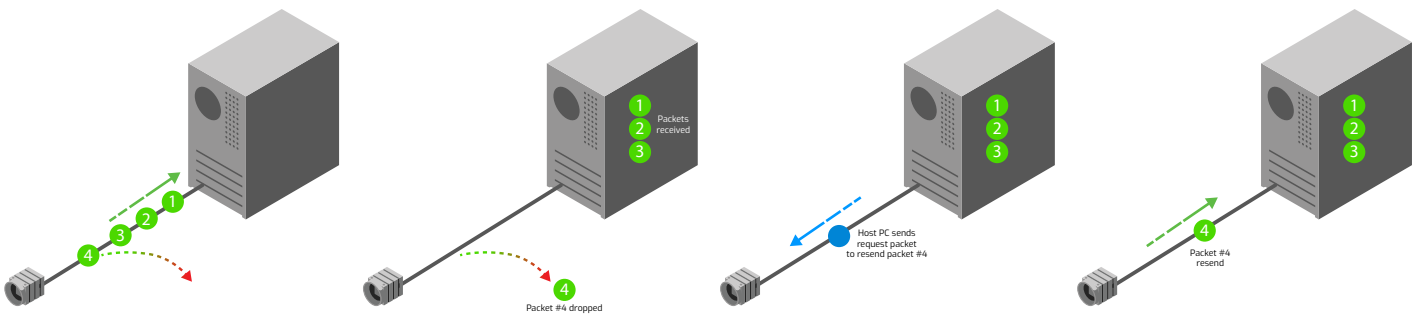


图2: GigE Vision标志

自动成像协会 (AIA) 在2006年推出了GigE Vision。该标准致力于统一相机、硬件组件和软件包之间通过以太网集成时的通信协议。

# 用于万兆以太网相机时UDP的挑战

目前用于GigE Vision的UDP的实现是在考虑到1GE带宽的情况下使用的。如前所述，UDP中缺少的可靠性功能是在应用层的GigE Vision标准中建立的。因此，任何使用的可靠性功能都将受到主机上可用的CPU资源量、相机的软件和过滤器驱动程序的质量以及相机固件处理额外请求的稳健程度的限制。例如，对于许多相机制造商来说，GigE Vision中的数据包重传需要一个过滤驱动程序--主机上的专门软件驱动程序--来监测任何丢失的数据包。当电脑注意到一个丢失的数据包时，它会向相机发送一个重传请求。然后，相机需要解析数据包，这通常发生在相机的固件中，然后从相机的图像缓冲器中获取该数据包。相机必须中断正常的传输，重新传输所请求的数据包。如果有几个数据包丢失，穿插在整个画面中，主机和相机都会有资源负担。然而，在千兆以太网的速度下，监控和重发丢失的数据包所需的CPU和相机资源是现成的。



此外，相机制造商已经有多年的时间来开发和微调他们的过滤器驱动程序。过滤器驱动程序不仅使千兆以太网相机在保持可靠性的同时有效地运行，而且CPU利用率也非常低。所以即使在超过1千兆的速度下，LUCID也致力于优化GigE Vision下的UDP数据传输。我们的过滤驱动提供了快速、低延迟和优化的CPU性能，以及用户可选择的所有可靠性功能。为了获得最有效的UDP性能，安装LUCID的过滤驱动程序 (LUCIDLwf.sys) 可提供快速的数据包监控与图像封装。例如，以全带宽同时串流四台Atlas10 10GigE摄像机，平均只需5.4%的CPU资源。

图3: 数据包重传

主机PC处理掉的数据包的例子。由于UDP不提供任何内置的可靠性功能，数据传输由相机制造商提供的过滤器驱动程序监控。该驱动程序读取每个数据包上的GVSP头。

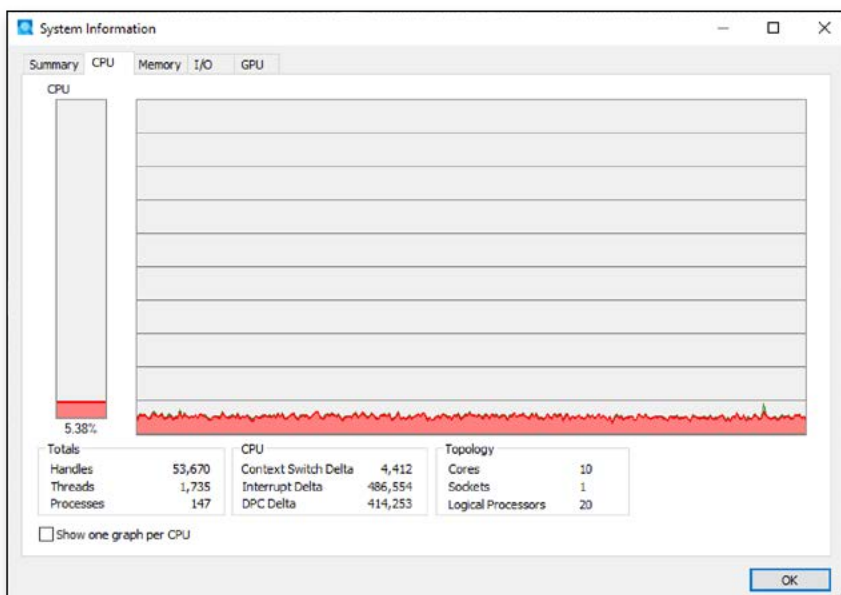


图4: 使用UDP过滤驱动的Atlas10

使用LUCID的UDP过滤驱动程序，以优化的CPU资源运行多10GigE Atlas10相机。参见第10页的更多基准测试结果。

# 消除CPU的瓶颈

对高吞吐量和低延迟的要求并不是工业机器视觉所独有的, 多年来一直是高性能计算 (HPC) 的一个共同问题。云计算或机器学习应用中使用的分布式计算集群必须处理大规模的大量数据交易, 并反过来产生指数级数量的输入和输出 (I/O) 操作。I/O, 即发送和接收数据进行处理的过程, 在历史上一直由CPU控制。在传统的网络堆栈中, 收到的数据包存储在操作系统的内存中 (内核空间), 然后复制到应用内存 (用户空间)。这消耗了CPU周期, 并引入了延迟。当使用多个网络接口时, 这个问题就更复杂了, 这增加了处理传入数据流所需的中断和上下文切换的数量。在这些情况下, CPU可能成为限制整个系统性能的瓶颈。部分问题可以通过部署新一代的CPU来解决, 这些CPU提供更快周期和扩展的内存能力。然而, 最佳的解决方案不仅仅是更快的CPU和原始带宽。

RDMA使数据在网络上的设备之间移动, 而不需要CPU参与每个数据包。实现RDMA的网络适配器能够将数据直接写入应用内存, 完全绕过操作系统, 避免不必要的拷贝 (零拷贝功能), 从而减少CPU开销。

## 汇聚以太网上的远程DMA (ROCE V2)

RDMA协议的第一个实现是在InPniBand上实现的, InPniBand是一种高性能和低延迟的网络结构, 用于计算机之间和内部的数据互连。InPniBand在高性能计算应用中的应用迅速得到普及。今天, 在最强大的商用计算机系统TOP500名单上的大多数HPC系统都使用RDMA。然而, 由于需要采购专用的InPniBand交换机, 而这些交换机又不能利用已经存在的广泛的以太网基础设施, 因此它的广泛采用受到了阻碍。为了满足这一需求, RoCE v1在2010年推出, 作为InPniBand贸易协会 (IBTA) 支持的一个开放标准。RoCE规范在2014年发布的RoCE v2更新中得到了扩展, 以提供跨第三层网络 (IP) 的路由和流量控制能力。

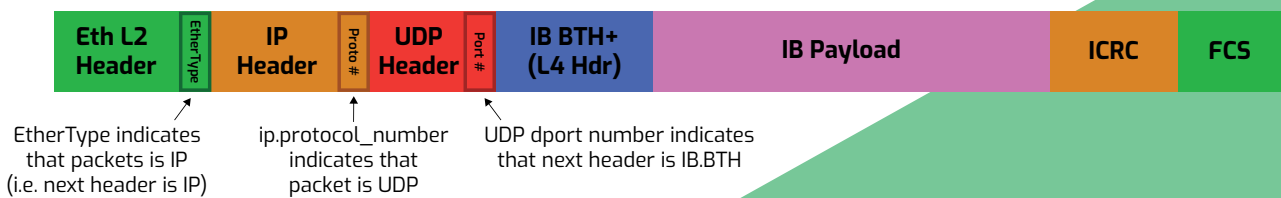


图5: RoCE v2数据包格式  
RoCE v2数据包被封装在UDP/IPv4或UDP/IPv6协议之上, 使其可以跨越多个子网进行路由。因此, RoCE v2有时也被称为可路由的RoCE (RRoCE)。



图6a: CPU和操作系统资源  
想象一下,在一条高速公路上,汽车必须通过一个有多条车道的收费站。在交通量不大的情况下,有足够的车道来保持交通畅通。但是,随着车辆的增多,收费站会变得不堪重负,交通开始堆积起来。这种瓶颈效应类似于GigE Vision标准中的UDP传输协议。与收费站一样,CPU和操作系统(OS)必须监控UDP数据包,以管理数据包的重传。对于1 Gige数据带宽,这不是一个问题。然而,对于更高的以太网带宽设备,如10Gige相机,瓶颈会引发一个恶性循环,即增加CPU资源和增加丢帧。

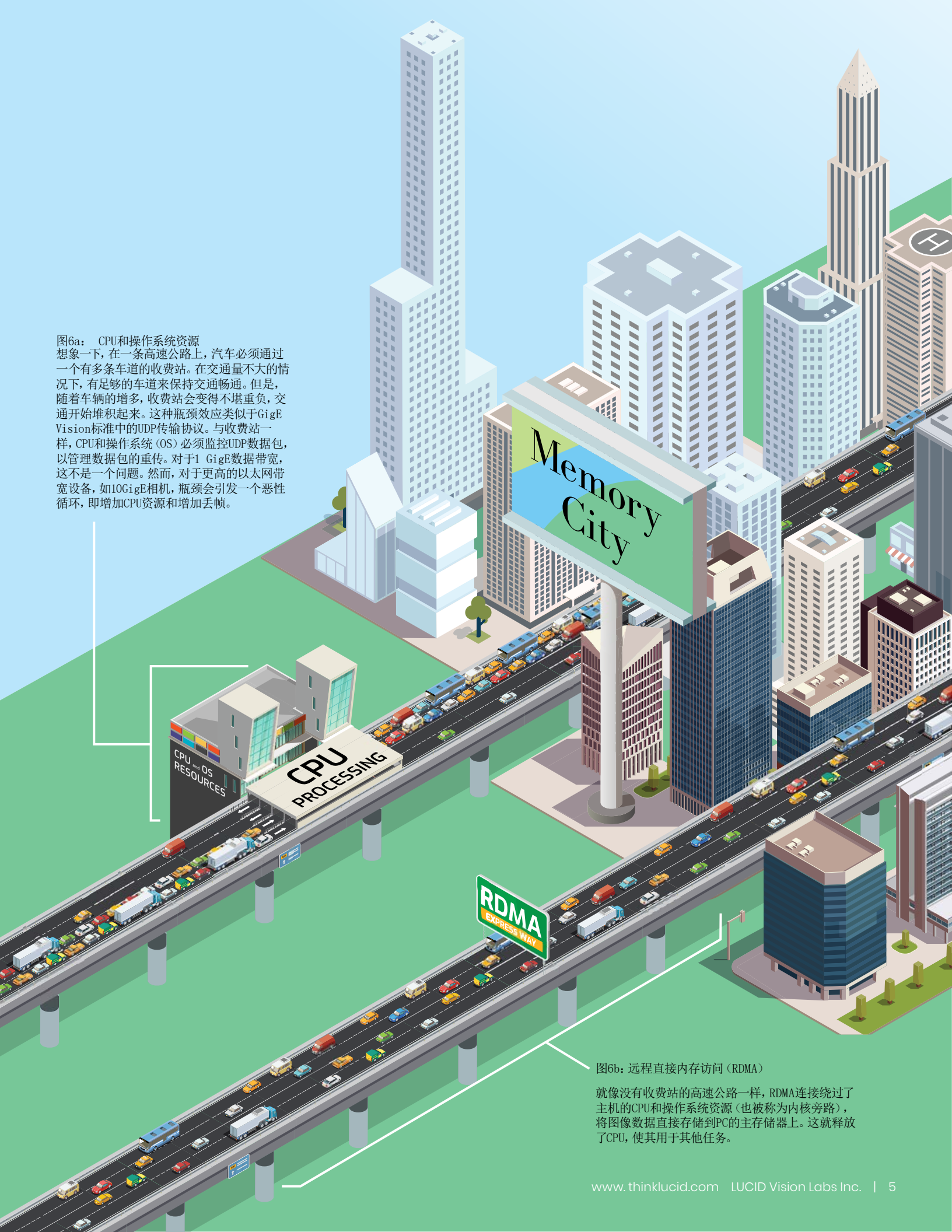


图6b: 远程直接内存访问 (RDMA)

就像没有收费站的高速公路一样,RDMA连接绕过了主机的CPU和操作系统资源(也被称为内核旁路),将图像数据直接存储到PC的主存储器上。这就释放了CPU,使其用于其他任务。

在以太网网络上适应RDMA可以实现以下好处:

- 在所有速度的以太网网络中, 可以获得最快的吞吐量和最低的延迟, 与现有的交换基础设施和布线兼容。
- 通过零拷贝实现数据包处理的完全硬件卸载, 没有CPU参与; 能够向远程缓冲区发送和接收数据。
- 全面的工业连接解决方案生态系统提供安全的连接器、EMI屏蔽、接地隔离和以太网供电 (PoE)。
- 得到许多硬件和软件解决方案供应商的支持--包括Broadcom、Marvell、Nvidia和Intel--促进互操作性。

使用LUCID 10GigE相机启用RDMA需要什么?

- 带有RDMA固件的LUCID Atlas10摄像机
- RDMA 10GigE主机通道适配器(HCA)
- (可选) 带有PFC优先级启用的VLAN的10GigE交换机
- Cat6或更好的以太网电缆

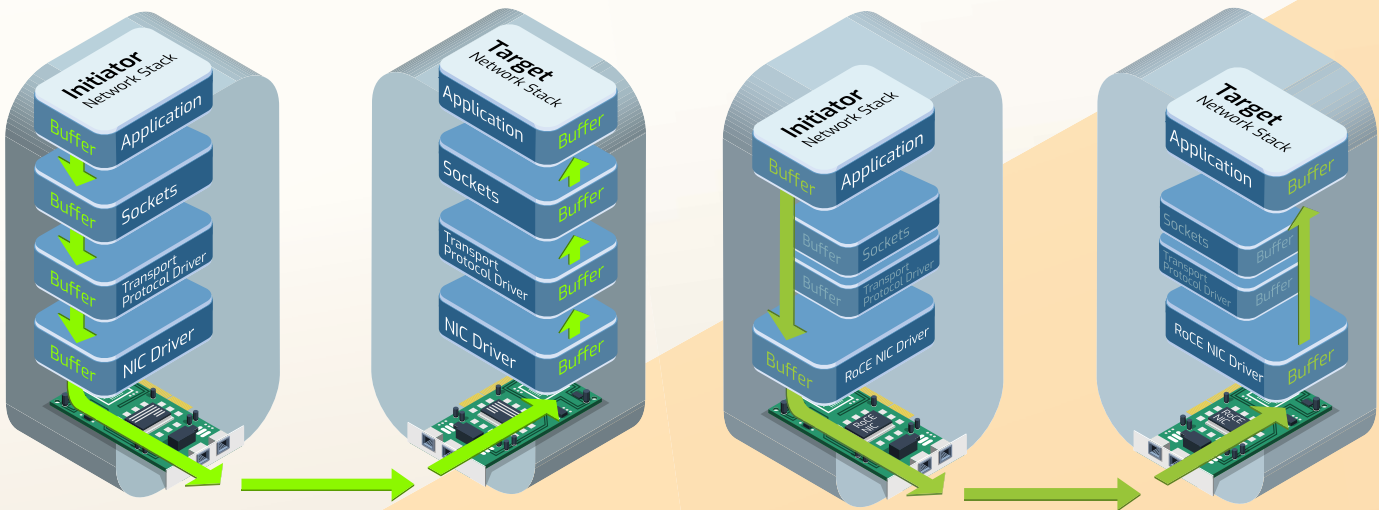


图7: 在传统的网络堆栈中(左), 从一个应用程序到远程机器上的另一个应用程序的数据传输涉及多个缓冲区拷贝和上下文切换, 以便在每个阶段调动CPU。在RoCE网络中, 数据直接从发起者应用传输到目标应用, 没有CPU参与, 完全绕过了操作系统栈。

主机通道适配器 (HCA) 管理RoCE操作, 在硬件中实现执行RDMA协议所需的所有逻辑。数据分割和重组以及流量控制由HCA管理, 允许发送方和接收方的应用程序在整个缓冲区内工作。RDMA通道是通过“钉住”内存启动的。在主机上为RDMA的使用保留一个内存区域, 应用必要的保护措施, 然后主机将地址传递给HCA, 并将自己从数据路径中移除。这个注册的内存区域现在可以用于任何RDMA操作, 绕过操作系统, 并且不产生额外的CPU负载。

RoCE RDMA事务使用三个队列。发送和接收队列处理所有的数据交易, 并且总是作为一个队列对 (QP) 一起创建。完成队列 (CQ) 用于跟踪QP上安排的工作的完成情况。QP可以实现应用层面的流量控制, 以通知发送方可用的缓冲区, 用于接收方的RDMA传输。

在RDMA数据传输发生之前, 必须为每个硬件端口创建一个队列对 (QP) 和一个完成队列 (CQ), 称为RDMA网络的通道适配器 (CA)。

- 相机上需要什么:
- 摄像机QP (发送和接收队列)
  - 摄像机CQ (完成队列)



由于MS Windows®中的Network Direct和Linux中的Libibverbs库, 为RDMA用户应用程序注册和保留主机内存成为可能。

RDMA数据传输只有在内存被注册后才能开始。这是通过“钉住”主机的内存来实现的。一个内存区域由操作系统保留并在HCA注册。

主机通道适配器 (HCA) 端口2。  
HCA2 QP (发送和接收队列)  
HCA2 CQ (完成队列)

主机通道适配器 (HCA) 端口1。  
HCA1 QP (发送和接收队列)  
HCA1 CQ (完成队列)

### =====RDMA动词和动词API=====

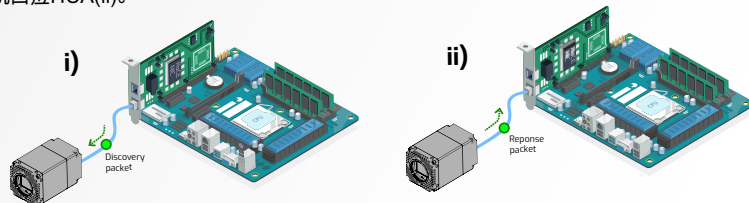
```
1 //
2 //
3 // 如何在应用程序中对RDMA设备进行编程? 这要从RDMA动词开始, 它是RDMA
4 // 应用程序的低级构建块。它们由各种API库访问, 然而, 使用的两个主要库是
5 // Linux的Libibverbs API和Microsoft Windows的Network Direct SPI。这些API
6 // 允许RDMA设备建立通道适配器连接, 引脚和注册内存, 执行数据传输, 并终止
7 // 连接。
8 //
9 // 有两种类型的动词: 单侧和双侧动词。单边动词允许远程设备 (如相机) 在发
10 // 送数据时完全绕过CPU/OS。双面动词的作用更像是利用CPU/OS的传统插座。
11 // LUCID使用双侧动词。与传统的以太网数据传输相比, 使用双侧动词仍然消除
12 // 了几个CPU开销的来源。使用双侧动词对于重新排队传输和轮询CQ是必要的。
13 // 这些任务占用的CPU资源可以忽略不计。
14 //
15 //
16 //
17 //
```

# RDMA连接和传输步骤 + 注意事项!

## 步骤1.

发现RDMA网络上的设备。RDMA HCA在网络上广播发现数据包(i)。相机回应HCA(ii)。

这个发现过程通过UDP进行，模仿非RDMA的GigE Vision相机如何发现对方。

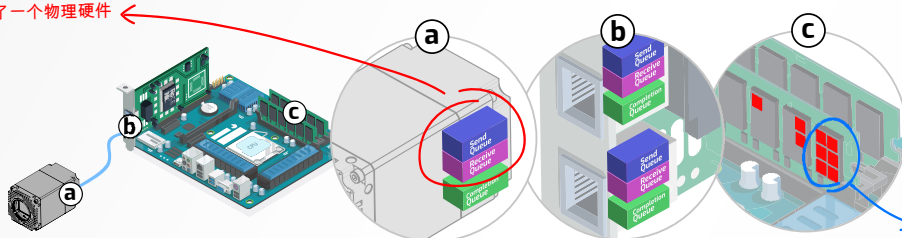


一个队列对 (QP) 由一个发送队列和一个接收队列组成。这些队列通过工作请求安排数据传输。尽管QP是由驱动程序创建和管理的，它代表了一个物理硬件通道。

## 第二步.

为RDMA设备创建一个保护域，包括：为所有设备创建队列对 (QP) 和完成队列 (CQ)，分配主机内存并在RDMA HCA注册，并在相机和HCA之间建立可靠的连接 (RC)。

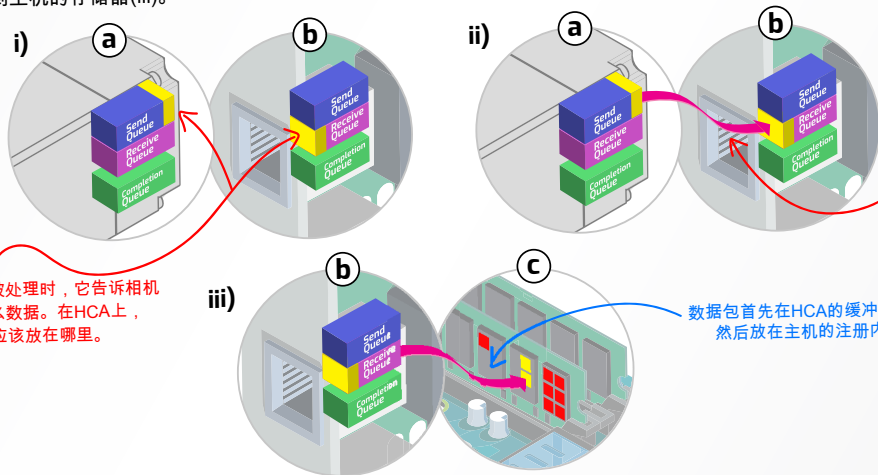
可靠连接 (RC) 是RDMA连接的3种类型之一。其他两种是不可靠的连接 (UC) 和不可靠的数据报 (UD)。



钉住内存告诉操作系统保持这些部分的常驻，永远不要让它们分页。注册内存是指在RDMA HCA上注册钉住的内存部分，以便它知道将图像数据发送到哪里。

## 第3步.

创建一个工作队列元素 (WQE)，也被称为工作请求 (WR)，以启动数据传输。工作请求被排队，并在相机的发送队列中增加一个发送请求 (SR)，在HCA的接收队列 (i) 中增加一个接收请求 (RR)。然后数据被传输到HCA(ii)，HCA再将数据传输到主机的存储器(iii)。



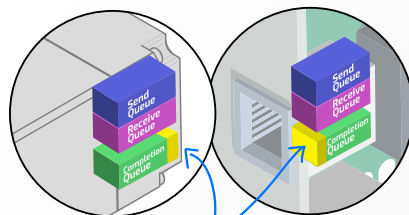
当一个工作队列元素被处理时，它告诉相机的发送队列要发送什么数据。在HCA上，它告诉HCA这些数据应该放在哪里。

在RC数据传输过程中，HCA将发送ACK回给相机。ACKs使数据包的重传与TCP类似。

数据包首先在HCA的缓冲区上接收，然后放在主机的注册内存中。

## 第4步.

在相机和HCA的完成队列中都添加一个完成队列元素 (CQE)。



在更多的工作请求开始之前，必须在相机和HCA的完成队列中都排上一个完成队列元素。

## RDMA 简称小抄

- HCA = 主机通道适配器 (类似于网络接口卡- NIC)
- ACK = 确认报文
- QP = 队列对
- SQ = 发送队列
- RQ = 接收队列
- SR = 发送请求
- RR = 接收请求
- RC = 可靠连接
- WQE = 工作队列元素
- CQ = 完成队列
- CQE = 完成队列元素



# 用于GIGE VISION的RDMA

传输大数据块的应用可以从RDMA中看到最大的效率收益, 这使得它很适合于基于GigE Vision的相机。为了在GigE Vision上实现RDMA, 需要调整GigE Vision流协议 (GVSP)。接收器 (主机) 通过启动与设备 (相机) 的可靠连接 (RC) 来建立RDMA流通道。每个流通道创建一个具有发送和接收操作的QP。发送队列 (主机->设备) 通知设备接收方的可用缓冲区, 而接收队列 (设备->主机) 用于有效载荷传输。连接通过为传输图像数据和缓冲区通知而设置的QP进行维护, 直到接收方设备发送断开请求以启动连接的拆分。

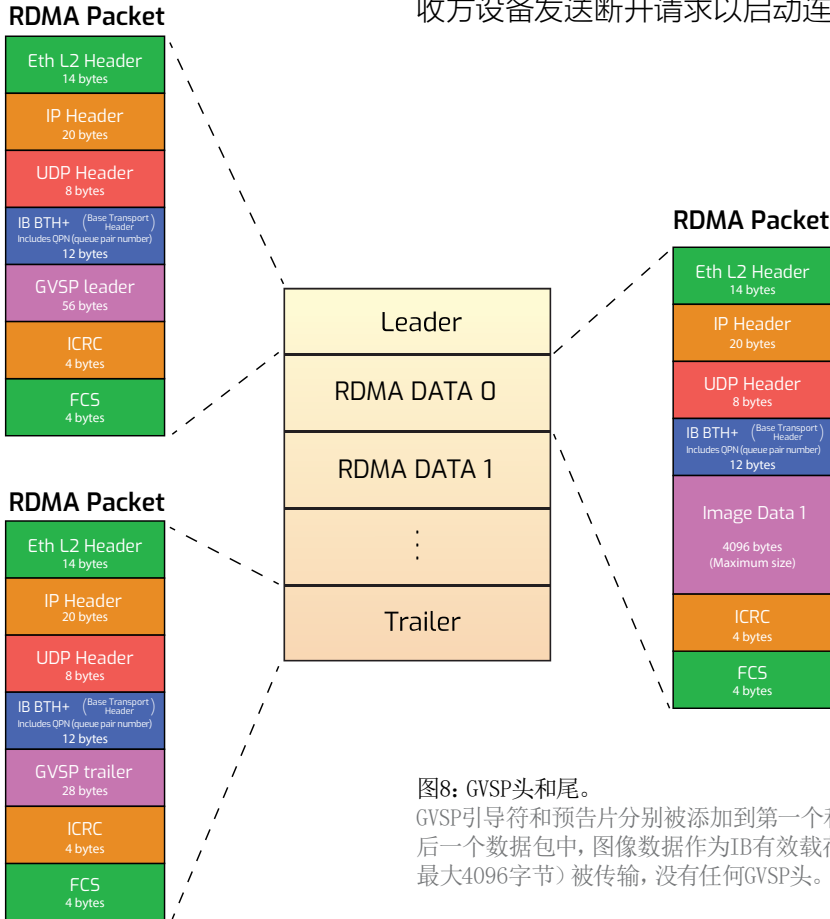


图8: GVSP头和尾。  
GVSP引导符和预告片分别被添加到第一个和最后一个数据包中, 图像数据作为IB有效载荷 (最大4096字节) 被传输, 没有任何GVSP头。

与使用UDP的GVSP不同, GVSP头被插入到一个帧的所有数据包中, 使用RDMA的GVSP不需要任何用于图像有效载荷传输的GVSP头。由于数据有效载荷不包含头, 所以不需要解码, 数据包可以直接放入接收器上分配的连续内存目标缓冲区中。数据包的重新发送由RoCE v2 HCA处理, 因此没有必要通过单个GVSP头来跟踪数据包ID。RoCE v2通过嵌入在InPniBand基础传输头 (IB BTH) 中的数据包序列号 (PSN) 来跟踪数据包, 接收器只接受按顺序排列的数据包。如果检测到PSN有空隙 (不管是由于掉线还是由于顺序不对), 主机将要求从最后一个成功接收的数据包之后开始重新传输。这减少了开销并释放了CPU资源, 因为所有的流量控制和数据包解码都由运行在专用硬件上的HCA处理。

为了实现流量控制并提供数据包重传功能, 相机必须保留已发送的数据包, 直到接收器确认 (“ACK”) 其接收。因为主机为其收到的每个数据包发送一个ACK的效率很低, 可以通过为最近收到的按顺序排列的PSN发送一个ACK来一次性确认多个数据包。

图9: 从Atlas10相机到主机的数据包记录的Profishark屏幕截图。就像TCP一样, RDMA可靠连接将发送ACK。ACK将确认它所收到的最新PSN, 使丢失的数据包能够重新传输。

670	11.401488065	169.254.114.4	169.254.243.96	RRoCE	RC Send Middle QP=0x000081	4154
671	11.401602595	169.254.114.4	169.254.243.96	RRoCE	RC Send Middle QP=0x000081	4154
672	11.401605960	169.254.114.4	169.254.243.96	RRoCE	RC Send Middle QP=0x000081	4154
673	11.401615585	169.254.114.4	169.254.243.96	RRoCE	RC Send Middle QP=0x000081	4154
674	11.401627235	169.254.243.96	169.254.114.4	RRoCE	RC Acknowledge QP=0x000501	62
676	11.401755310	169.254.114.4	169.254.243.96	RRoCE	RC Send Middle QP=0x000081	4154
677	11.401758650	169.254.114.4	169.254.243.96	RRoCE	RC Send Middle QP=0x000081	4154
678	11.401766375	169.254.114.4	169.254.243.96	RRoCE	RC Send Middle QP=0x000081	4154

# GPU内存怎么样？

目前, GigE Vision工作组正专注于将RoCE v2 RDMA整合到GigE Vision标准中。虽然RoCE v2可以让远程设备直接将数据传输到PC内存中,但也有技术可以将数据直接传输到GPU的图形内存中。Nvidia的GPUDirect®技术是一种高性能网络技术,目前被用于数据密集型应用,如机器学习、大数据分析和高性能计算。该技术实现了GPU之间的直接通信,不需要主机CPU的干预。虽然RoCE v2 RDMA和GPUDirect都绕过了CPU和操作系统进行数据传输,但GPUDirect技术的特点是利用GPU的图形内存而不是主机的内存。这种能力允许机器视觉相机产生的图像数据直接传输到GPU的图形存储器,以加速视觉处理,利用GPU加速平台和库,如Nvidia的CUDA并行计算平台。

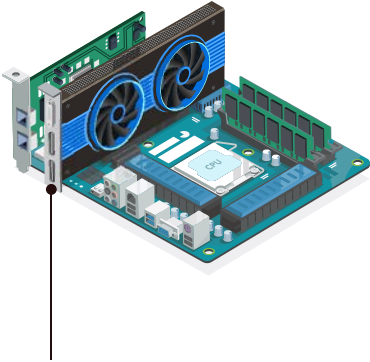


图10: GPU视觉处理

由于其并行处理设计和众多内核, GPU在处理依赖深度学习或机器学习算法的图像处理任务方面表现出色。

LUCID认识到这项技术的潜力,正在与GigE Vision标准工作组密切合作,对GigE Vision上的RDMA实施进行标准化,促进开放标准并推动互操作性。通过对这些技术进行标准化, LUCID和工作组旨在确保这些高性能网络解决方案能够更容易和更广泛地实施,鼓励创新,降低成本,并为各行业的用户创造更大的可及性。

## UDP与RDMA的基准比较

正如本文前面提到的,使用RDMA的主要好处之一是以最小的CPU使用量提供多个10 GigE相机的数据流。此外,相机和主机之间的数据传输需要足够可靠,以保证数据包的交付,与TCP类似。下面的基准测试结果表明,这两个好处都实现了。测试的内容:

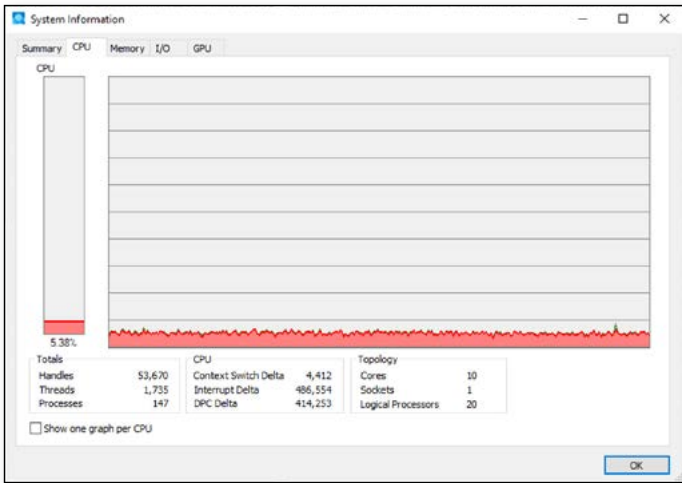
### System Setup

<b>Motherboard</b>	ASUS PRIME X299-A II
<b>Processor</b>	Intel® Core™ i9-10900X CPU @ 3.70GHz
<b>Memory</b>	Kingston 9905743-213.A00G 128GB (8x16GB) 16 GB PC4-25600 DDR4, Quad Channel
<b>Operating System</b>	Microsoft Windows 10 Professional (x64) version 22H2, build 19045.2604
<b>Video</b>	NVIDIA GeForce GT 730, 2GB
<b>Storage</b>	KINGSTON SKC3000S512G 512GB
<b>Network Interface<sup>1</sup></b>	1. LUCID RDMA Host Channel Card (2-Channel 10GigE with PoE+), 2. Broadcom BCM57416 (P210tep) Host Channel Card (2-Channel 10GigE), NIC firmware 224.0.159.0

### Cameras Used:

<b>ATX470S-C</b>	Atlas10, 10GigE - 47MP, 8192 x 5556px, Sony IMX492 CMOS, Color
<b>ATX470S-M</b>	Atlas10, 10GigE - 47MP, 8192 x 5556px, Sony IMX492 CMOS, Mono
<b>ATX162S-C</b>	Atlas10, 10GigE - 16.2MP, 5320 x 3032px, Sony IMX532 CMOS, Color
<b>ATX162S-M</b>	Atlas10, 10GigE - 16.2MP, 5320 x 3032px, Sony IMX532 CMOS, Mono

<sup>1</sup> 2台ATX470S连接到LUCID RDMA HCA (使用PoE+供电)。  
2台ATX162S连接到Broadcom P210TP (通过GPIO从外部供电)



**UDP Results:**  
**CPU Usage: 5.38% (avg)**

ATX470S-C: 23.222 FPS (avg)  
 Bandwidth: 8.54576 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

ATX470S-M: 23.2231 FPS (avg)  
 Bandwidth: 8.54161 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

ATX162S-C: 68.4799 FPS<sup>2</sup> (avg)  
 Bandwidth: 8.83677 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

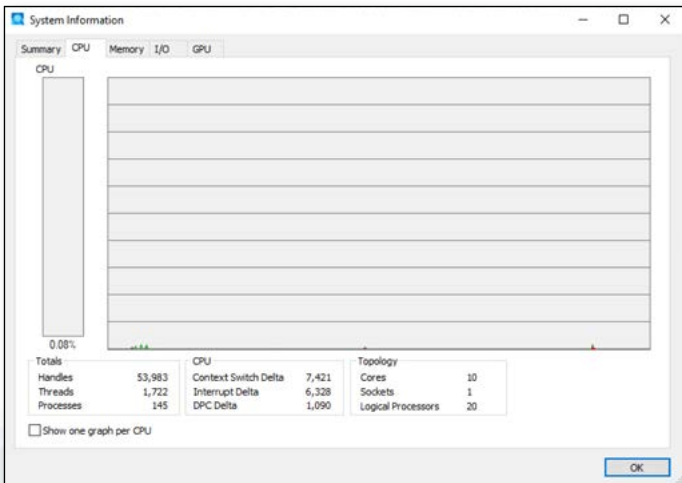
ATX162S-M: 68.5125 FPS<sup>2</sup> (avg)  
 Bandwidth: 8.84099 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

4台Atlas10相机分别连接到LUCID RDMA HCA或Broadcom RDMA HCA的单独端口。相机流的编程使用Arena SDK完成。LUCID RDMA HCA和Broadcom RDMA HCA固件都使用224.1.102.0版本。对于Windows 10中的HCA网络设置,所有的设置都没有被选中,除了:

- LUCID Vision Labs轻量级过滤器驱动程序
- 互联网协议版本4 (TCP/IPv4)
- 互联网协议版本6(TCP/IPv6)

ATX470S模型的比特深度被设置为10bit, ATX162S被设置为8bit。相机在拍摄结果之前,进行了24小时的数据流拍摄。

<sup>2</sup> 2-10%的设备链接吞吐量储备被设置为数据包重新发送,这将减少UDP连接的最大FPS。吞吐量储备对于RDMA连接来说是不需要的。



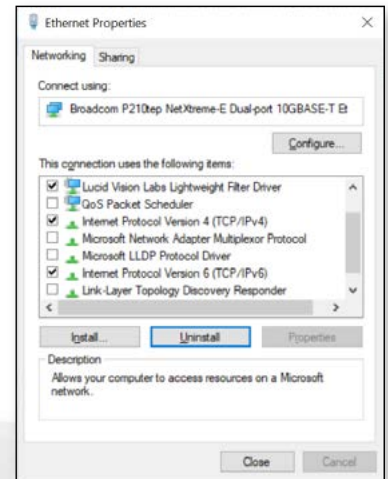
**RDMA Results:**  
**CPU Usage: 0.08% (avg)**

ATX470S-C: 23.232 FPS (avg)  
 Bandwidth: 8.54949 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

ATX470S-M: 23.2324 FPS (avg)  
 Bandwidth: 8.54935 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

ATX162S-C: 73.8121 FPS (avg)  
 Bandwidth: 9.52491 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

ATX162S-M: 73.8442 FPS (avg)  
 Bandwidth: 9.52762 Gbps  
 Incomplete Frames: 0  
 Host Missed Frames: 0

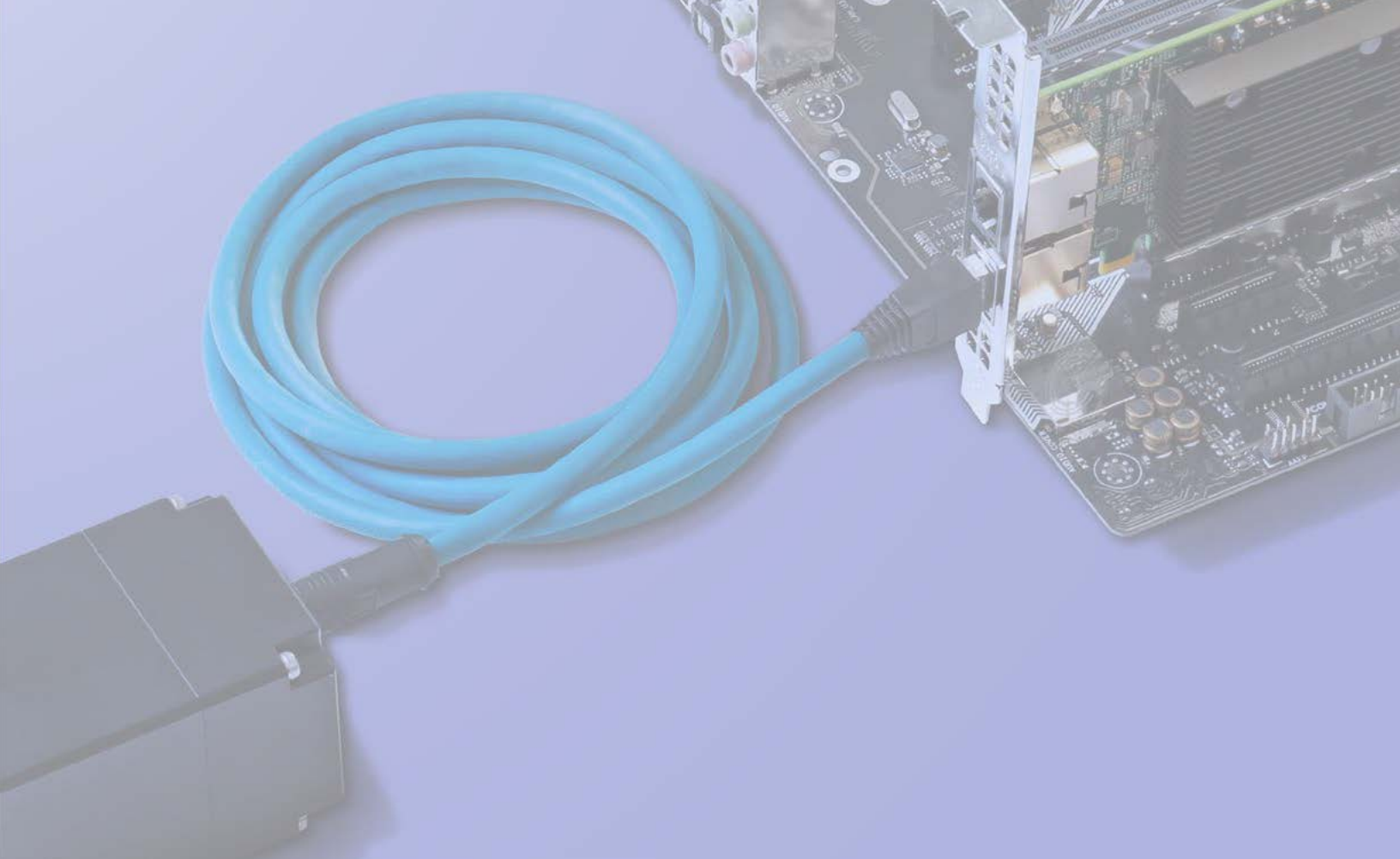


## 未来是快速的

通过利用最初为高性能计算应用开发的RoCE v2开放标准网络技术,并将其适应于GigE Vision标准, LUCID能够有效克服UDP技术在实现10GigE高带宽方面的挑战。因此,图像采集所产生的CPU负载得到了决定性的降低,同时还提供了尽可能低的图像传输延迟和最高的数据吞吐量。最终,通过将RDMA RoCE v2纳入GigE Vision标准,为高带宽应用选择基于以太网相机的客户将受益于更快、更可靠的数据传输,进一步加强以太网作为机器视觉应用的首选工业接口。

**10GiGE+RDMA**  
 with Power over Ethernet





#### **LUCID Headquarters**

LUCID Vision Labs, Inc.  
130-13200 Delf Place,  
Richmond B.C.  
Canada, V6V 2A2  
EMAIL: [sales@thinklucid.com](mailto:sales@thinklucid.com)  
PHONE: 1-833-465-8243

#### **Europe, Middle East, Africa**

LUCID Vision Labs GmbH  
Rennalstraße 14, 74360 Ilfeld  
Germany  
EMAIL: [sales.emea@thinklucid.com](mailto:sales.emea@thinklucid.com)  
PHONE: +49 (0) 7062 97676 12

#### **Asia Pacific**

LUCID Vision Labs G.K  
Eishin Bldg. 4F 3-6-1, Kanda-Ogawamachi,  
Chiyoda-ku, Tokyo 101-0052 Japan  
EMAIL: [sales.apac@thinklucid.com](mailto:sales.apac@thinklucid.com)  
PHONE: +81 3 5577 7915

#### **South Korea**

4F-429, 398 Seocho-daero,  
Seocho-gu, Seoul, South Korea  
EMAIL: [sales.apac@thinklucid.com](mailto:sales.apac@thinklucid.com)

#### **Greater China**

LUCID Vision Labs, China  
51F, Raffles City, No 268 Middle Xizang Road,  
Huangpu District, Shanghai, China.  
EMAIL: [sales.gc@thinklucid.com](mailto:sales.gc@thinklucid.com)

#### **LUCID Vision Labs, Taipei, ROC**

10F., No. 290, Sec 4, Zhongxiao E. Rd., Da'an Dist.,  
Taipei City 106, Taiwan (R.O.C.)  
EMAIL: [sales.gc@thinklucid.com](mailto:sales.gc@thinklucid.com)

**LUCID**  
VISION LABS

© 2023 LUCID Vision Labs, Incorporated. All rights reserved. Helios, Atlas, Phoenix, Triton, Arena, ArenaView and other names and marks appearing on the products herein are either registered trademarks or trademarks of Lucid Vision Labs, Inc. and/or its subsidiaries. v.1.1