

白皮书

英特尔®PRO网卡

网络性能

网络连接

PCI Express*以太网

PCI Express*是全新第三代输入/输出 (I/O) 标准，与旧式外设组件互连 (PCI) 和外设组件互连扩展 (PCI-X) 台式机和服务器的插槽相比，可提供更为优秀的以太网性能。PCI Express的卓越性能来源于它更快的串行总线架构。该架构可提供一个专用的输入/输出 (I/O)，时钟频率高达2.5 GHz，而外设组件互连扩展 (PCI-X) 的并行总线频率仅为133 MHz。该白皮书概括了新型PCI Express总线架构的特点，以及它为台式机、工作站和服务器的网络连接性能飞跃。

2005年9月

目录

摘要.....	2	基于PCI Express的台式机以太网.....	4
引言.....	2	基于PCI Express的服务器和工作站以太网.....	5
PCI、PCI-X、PCI Express* —— 自然演进.....	2	英特尔提高性能和可管理性.....	5
PCI Express概论.....	3	总结.....	6

摘要

随着网络流量的不断提高，外设组件互连(PCI)和第二代外设组件互连扩展(PCI-X)的并行多点架构的瓶颈越来越突出。新近推出的PCI Express*架构具有更高的性能，可以突破此类瓶颈的限制。PCI Express架构采用串行输入/输出(I/O)结构，时钟频率高达2.5GHz。与以前的输入/输出(I/O)架构相比，PCI Express具有更好的可扩展性，可提供更高的带宽。此白皮书概述了新型PCI Express总线架构的特点，以及它为台式机、工作站和服务器带来的以太网连接性能飞跃。

引言

在过去的几年里，电脑和网络服务器一直采用陈旧的第一代PCI标准，以及第二代PCI-X标准，作为输入/输出(I/O)架构。虽然今后几年中，PCI和PCI-X仍会得到应用，但其实用性将会逐渐消失。原因很简单，PCI和PCI-X在带宽和可扩展性方面存在诸多局限，无法满足现今的计算和网络需求。

显卡便是PCI局限性的绝好示例。图形计算需求从640x480分辨率(单色)上升至1024x768分辨率(真彩色)后，带宽不足问题便突显出来。因此，目前的显卡普遍采用专用的I/O总线，这样才能满足高分辨率动画图形(包括全屏视频)的带宽和延迟要求。

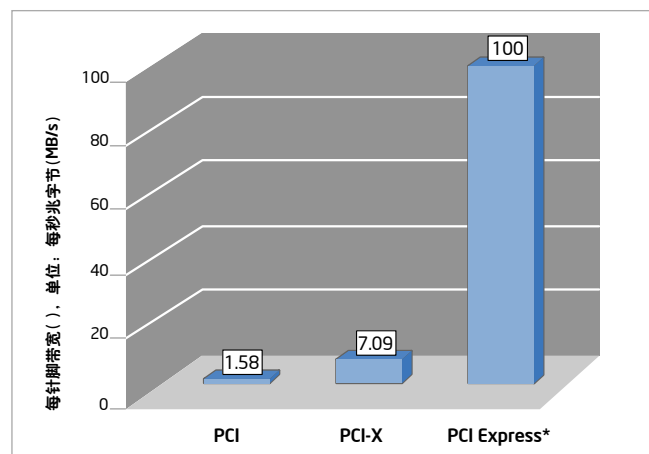
现在，在企业网络中，尤其是那些过渡至千兆位以太网的企业网络中，PCI带宽不足和延迟瓶颈也已突显出来。多处理器服务器的出现对I/O带宽提出了更高的要求。第三代PCI I/O构架及时地满足了这一需求。第三代PCI I/O构架曾被称为第三代I/O，现在是指PCI Express*或PCIe*。

PCI Express提供了专用的I/O，以及更高的可扩展带宽，可在各种应用领域中使用，其中包括网络连接领域。英特尔积极倡导PCI Express标准的普及，并推出了英特尔®PRO系列网卡。英特尔推出的全新PCI Express网卡采用无铅技术¹生产，完全符合有害物质限用指令(RoHS)²；并且可以为配备PCI Express插槽的台式机和服务器提供铜线和光纤千兆位以太网连接。此白皮书通过比较PCI Express、PCI和PCI-X的网络连接性能，论述了PCI Express所具有的优势；同时，还描述了英特尔®PRO网卡所具有的独特优势。

PCI、PCI-X、PCI Express* —— 自然演进

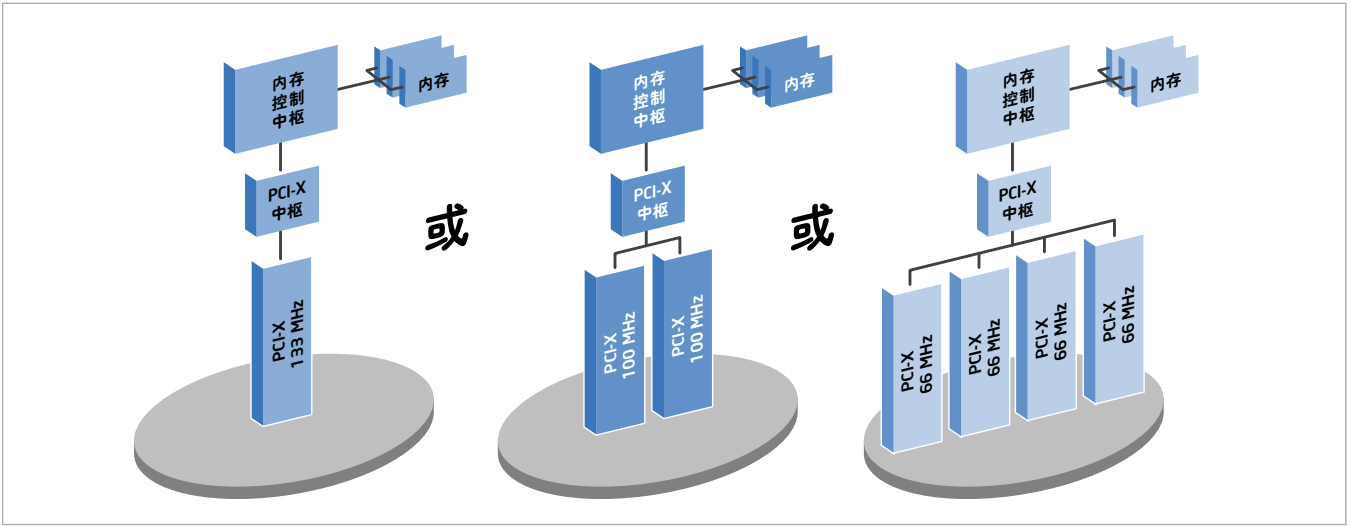
PCI到PCI-X再到PCI Express的演进是一个由带宽需求上升而引起的自然演进过程。图1展示了此次演进过程中，每针脚带宽(BW/pin)的提高情况，带宽单位为每秒兆字节(MB/s)。如图1所示，PCI Express具有两大优势：带宽大幅提升；针脚数量明显减少。因此，PCI的速度更快，占用的空间更小。

图1 PCI、PCI-X和PCI Express*的每针脚带宽比较。



PCI: 32 bits x 33 MHz x 84针脚 = 1.58 MB/s
PCI-X: 64 bits x 133 MHz x 150针脚 = 7.09 MB/s
PCIe: 8位x 2.5 Gb/sx 40针脚 = 100 MB/s(单向)

图2，并行多点PCI-X总线设计实例插槽和设备数量增加时带宽下降。



对于网络而言，提高带宽具有非常重要的意义。PCI Express借助高速串行总线，提供专用的I/O带宽；网卡可利用此PCI Express I/O获得更高的带宽。这就意味着，数据包可以最高线速传输，并可以大大缩短服务器等待客户机反应的时间，更快的完成事务处理。因此，连接时间缩短后，服务器便可以服务更多的客户机。

相反，PCI和PCI-X采用共享多点并行总线架构。共享总线的设备越多，每个设备可用的总线带宽越少。图2对此做出了进一步的分析。此图展示了PCI-X多点结构。同样，当多个设备共享总线时，PCI-X将降低“始终频率”，与总线中最慢的设备保持相同的速度。

在快速以太网时代(100 Mbps网络)，PCI-X总线速率和总线共享可能不是一个很突出的问题。但是，过渡至千兆以太网(1000 Mbps)后，以太网会消耗服务器中的大部分PCI-X总线带宽资源，从而严重影响了PCI-X的性能。对于过渡至千兆以太网的台式机同样如此，PCI插槽无法提供足够的带宽(比服务器的带宽更小)，难以支持千兆以太网的性能。

在PCI总线(通常在台式机中使用)中，单个未共享PCI总线连接的带宽是1 Gbps(32 bits x 33 MHz)。即使没有其它PCI设备共享总线，带宽也不足以台式机提供最佳的千兆以太网性能(数据和传输开销)。PCI-X通常应用在服务器中。每个PCI-X插槽(没有总线共享)的带宽是8 Gbps；但是，当总线中的插槽和设备数量增加时，有限的总线资源会被多个设备共享，于是带宽(数值)就会相应的下降，如图2所示。

另一方面，PCI Express的通道数有所增加，带宽也会随之提升。其最小未编码双向带宽是4 Gbps；在16通道的PCI Express连接中，其专用I/O带宽高达64 Gbps。

PCI Express概论

一个基本PCI Express连接由两个低压差动信号对构成。基本连接结构如图3所示。其中一个差动信号对是发送对(Tx)，另一个是接收对(Rx)。

两个信号对构成一个双单工PCI Express信道，此类信道被称为x1(“乘1”)通道。由于所传输信号均是差动信号，因此PCI Express可凭借差分信号中的接地噪音消除获得优良的噪音抗扰性。

图3，PCI Express* x1通道。一个通道由两个PCI Express设备(设备A和设备B)间的两个差动信号对构成。

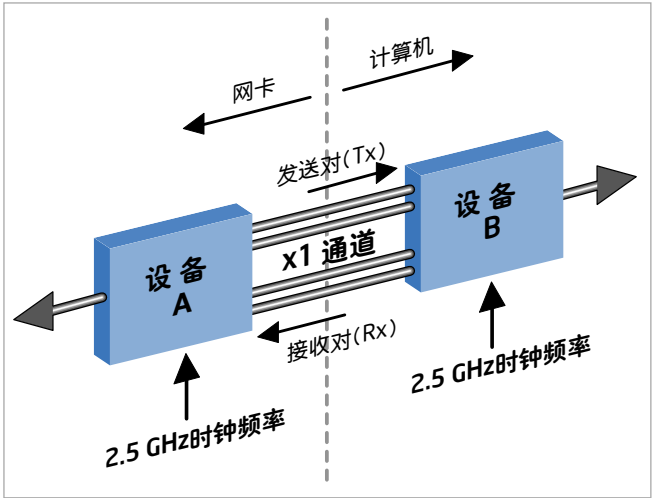


表1，多种PCI Express*通道实施的带宽。

PCI Express通道	未编码数据速率(有效数据速率)		编码数据速率	
	单向	双向	单向	双向
x1	2 Gbps	4 Gbps	2.5 Gbps	5 Gbps
x4	8 Gbps	16 Gbps	10 Gbps	20 Gbps
x8	16 Gbps	32 Gbps	20 Gbps	40 Gbps
x16	32 Gbps	64 Gbps	40 Gbps	80 Gbps

同时，由于PCI Express通道是双单工通道，因此它可以在接收一个方向信号的同时，接收来自另一方向的信号。这种双向性可以实现双倍的整体有效带宽或吞吐量。

x1通道的最高带宽大约是2.5 Gbps(2.5 GHz时钟频率)，但由于带宽是双向的，因此双向有效数据速率就是5Gbps。这些速率是指以8b/10b编码发送剥离数据字节的速率，2.5 Gbps即编码速率。带宽也可能是指一个未编码或有效数据速率，此类速率是编码速率的80%(例如，x1通道的2 Gbps单向未编码速率和4 Gbps双向未编码速率)。表1列出了各种PCI Express通道实施的带宽。

在所有规格的PCI Express通道中，都可通过插卡插槽实现x1、x4、x8或x16通道。因此，设计师们可以通过增加PCI Express插卡和计算机插槽的通道，来扩充PCI Express的串行总线I/O频率，最高频率可达64 Gbps(参见表1)。例如，x1通道可为英特尔®PRO/1000 PT服务器网卡的PCI Express I/O提供充足的总线带宽。但是，要为双端口千兆位以太网网卡提供额外的I/O带宽，就需要在英特尔®PRO/1000 PT双端口服务器网卡中使用x4通道。

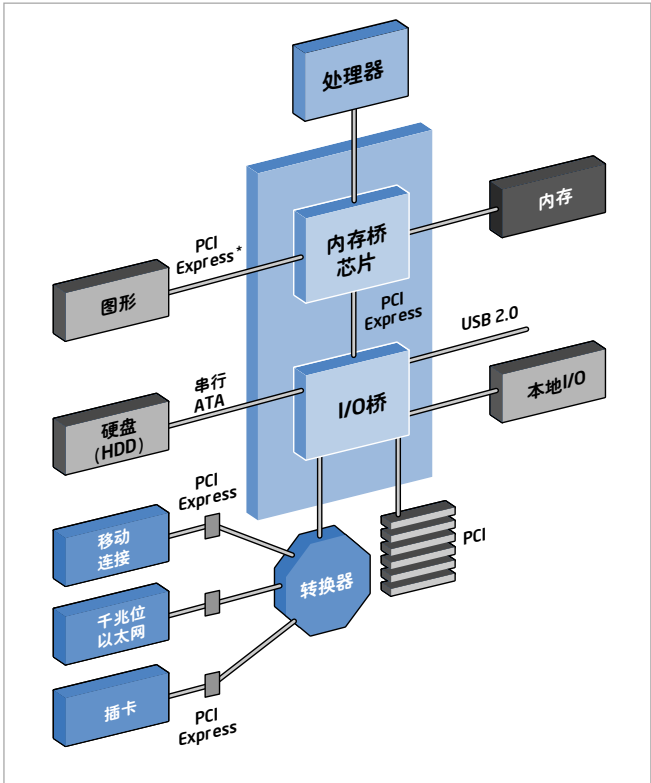
对网络设计师来说，在选择服务器和服务器网卡时，PCI Express通道规格尤为重要。如上所述，多端口网卡具备额外通道，能够支持多千兆位以太网端口额外的流量和带宽需求。但是，选择服务器时，需注意PCI Express插槽的通道数量：PCI Express插槽的通道数量必须不少于网卡的通道数。例如，x1网卡可在任何PCIe插槽中使用，但x4网卡则只能在x4或以上的插槽中使用。

基于PCI Express的
台式机以太网

图4所示为通过PCI Express串行总线I/O架构实现的台式机以太网。其拓扑包含主桥、I/O桥(可选)和转换器。该转换器可将PCI Express串行I/O总线分配给(扇出)不同的端点设备中(包括台式机千兆位以太网卡)。图4将交换器标示成一个独立的逻辑单元。事实上，它集成在I/O桥或内存桥中，确切的集成位置取决于芯片组实施。

图4中的台式机实施方案还包括一个连结至I/O桥的66 MHz PCI并行总线结构。在未来的一段时间内，PCI仍可作为速度较慢类应用的接口，与PCI Express并存。

图4，通过PCI Express*的高速串行I/O总线实现台式机的千兆位以太网连接。

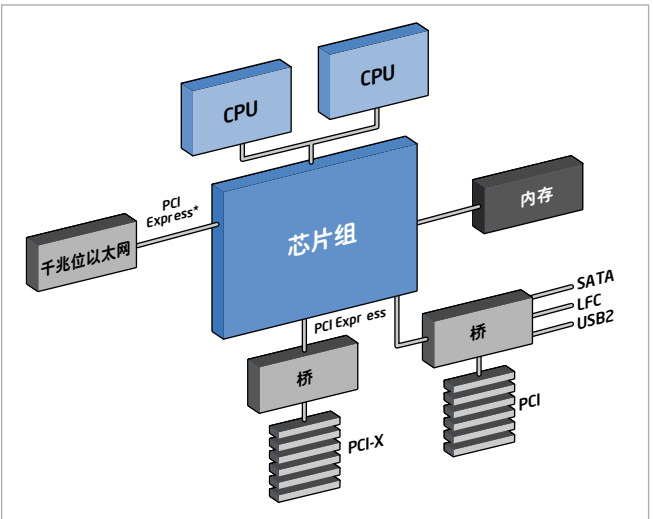


将台式电脑接入千兆位以太网时，最好使用兼容PCI Express标准的台式机网卡，如英特尔®PRO/1000 PT台式机网卡。在使用PCI Express(而不是PCI)时，千兆位以太网的全部带宽将可发挥极高的性能。更为重要的是，使用PCI Express时，它专用的4 Gbps双向I/O可支持台式机千兆位以太网卡以最高的速度运行，同时不会与其它设备争夺或共享总线。这样就可以更加迅速地完成台式机和服务器之间的网络事务处理，从而提高服务器的可用性，提高事务处理量和网络效率。

基于PCI Express的服务器和工作站以太网

服务器和工作站中的PCI Express实施方案与台式机基本相似，但它们需要更多、更快的I/O连接。图5显示了多处理器服务器中的PCI Express实施。这一示例中，PCI Express桥取代了传统PCI总线，可提高到PCI或PCI-X插槽连接的性能。PCI Express千兆位以太网(GbE)连接与芯片组之间存在一个直接的专用连接。

图5，服务器/工作站系统中的PCI Express*示例
PCIe*转换器集成在芯片组中。



在网络连接方面，新型工作站至少需要一个PCI Express插槽，用来安装千兆位以太网卡。这个或这些插槽会有x1、x4或更高的通道数，但仍然可以兼容单端口x1 PCI Express网卡，如面向5类非屏蔽双绞线(UTP)铜线的英特尔PRO/1000 PT服务器网卡。

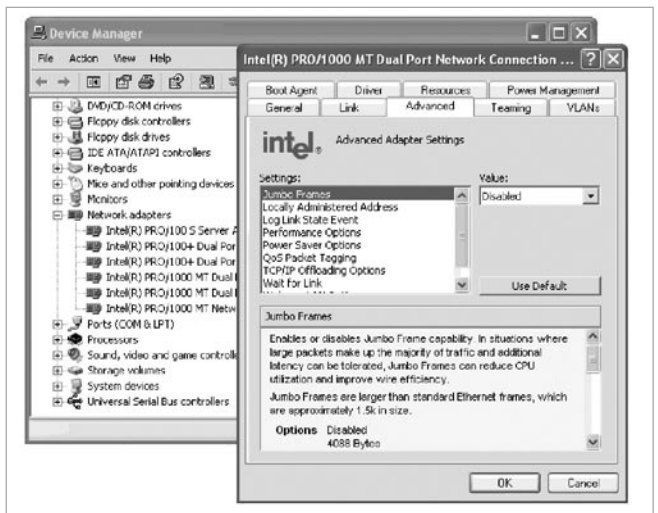
另一方面，新型服务器可能有多个PCI Express插槽，可安装多个千兆位以太网卡，从而提高网络性能技术(如网络分段和网卡分组)。PCI Express服务器插槽支持x4连接时，可使用双端口千兆位以太网卡节省插槽，如面向5类非屏蔽双绞线(UTP)的英特尔PRO/1000 PT双端口服务器网卡，或面向多模光缆的英特尔®PRO/1000 PF双端口服务器网卡。

x4 PCI Express服务器插槽的意义在于能够提供更高的I/O带宽，从而支持多端口网卡性能。当不需要多端口连接时，x4插槽可兼容单端口x1网卡。x4性能可在未来使用双端口网卡升级网络时应用。

英特尔提高性能和可管理性

除全面兼容千兆位以太网和PCI Express标准外，英特尔®PRO/1000 PT和PF网卡还具有多项其它功能，可提高网络的性能和可管理性。例如，所有英特尔®PRO多端口网卡均采用多个专用以太网控制器(每端口配备一个)，而不仅仅是在单个控制器中增加多个连接器。所有英特尔PRO网卡均配备有简单且易于安装的驱动和管理工具。所有网卡均已通过兼容性测试，可与其它基础网元进行互操作(如主要供应商生产的交换机和路由器)。

图6，针对Microsoft® Device Manager设计的英特尔®PROSet程序。在该实用程序的帮助下，用户可通过简单的点击操作，设置所有的网卡特性，包括分组和虚拟局域网(VLAN)配置。



英特尔®PRO/1000 PF网卡可在PCI Express插槽接口中使用。当与Microsoft的接收端扩展技术或Linux*中的可扩展I/O一起使用时，英特尔PRO/1000 PF网卡能够有效平衡多个中央处理器(CPU)间的网络负载，从而实现极高的多处理器系统性能。此外，英特尔还推出了基于英特尔®I/O加速技术的全新网卡。此类网卡可提高网络和存储I/O的性能，进一步改善应用响应

英特尔®PROSet专为Microsoft® Device Manager设计。它可以简化网卡的管理，其中包括先进的分组方法。如图6所示，英特尔PROSet实用程序采用了Windows*外观和风格。用户只需进行简单的点击操作，便可以访问网卡驱动和配置特性，其中包括用来进行端口聚合和容错故障切换的网卡分组特性。

总结

PCI Express是全新第三代I/O串行总线标准，其性能超越了以前的PCI标准(PCI和PCI-X)。但是PCI、PCI-X与PCI Express仍将在未来的一段时间内同时存在。PCI Express可提供专用、高性能、可扩展的带宽总线，能够提供卓越的以太网性能。其功能远远超越了PCI和PCI-X的共享多点架构。

为支持千兆位以太网向PCI Express总线架构的过渡，英特尔已经推出英特尔PRO/1000 PT和PF网卡家族，无论铜线还是光纤均可得到良好的支持。英特尔®PCI Express网卡家族采用英特尔®无铅技术¹，完全符合RoHS指令²；并融入到面向PCI和PCI-X的英特尔PRO网卡的广泛产品线中。其中包括针对光纤和Cx4铜线设计的万兆位以太网卡。

† 2006年上半年上市。如欲了解关于此技术的更多信息，请访问：www.intel.com/technology/ioacceleration/index.htm

如欲了解有关英特尔网络连接的更多信息，请访问：www.intel.com/cn/network/connectivity

如欲了解所有支持PCI Express标准的英特尔®PRO/1000网卡，请访问：www.intel.com/go/pcie

¹ 虽然没有故意添加铅，但产品中仍可能存在铅金属杂质——浓度低于1000 ppm。

² 《限制使用某些有害物质指令》(RoHS Directive) 已对铅和其它元素的使用作出规定：(1) 此类金属含量应低于欧盟所规定的限值；(2) 或符合经过批准/未决的例外情况。

本文件及相关材料和信息以“概不保证”方式提供，英特尔不作任何形式的保证，包括对适销性、不侵权性，以及适用于特定用途的担保，或任何由建议、规范或范例所产生的任何其它担保。英特尔对本文包含的任何错误信息，以及因使用相关信息所产生的问题不承担任何责任和义务。

版权所有©2007英特尔公司。所有权利受到保护。英特尔、Intel标识、Intel.超越未来、Intel.超越未来.标识和英特尔PRO是英特尔公司在美国和其他国家(地区)的商标。

*文中涉及的其它名称及商标属于各自所有者资产。

