PCI Express
از سیر تا پیاز

مقدمه :

قبل از توصیف مقوله PCIExpress، لازم است که از تاریخچه فناوری گذرگاه(BUS) ، مطالبی عنوان شود.

پردازنده با دیگر تجهیزات جانبی PC ، از طریق یک مسیر داده به نام گذرگاه ارتباط برقرار می‌کند. از زمان ساخت اولین PC در سال ۱۹۸۱ تاکنون، انواع مختلفی از این گذرگاه‌ها به ترتیب زیر طراحی شده اند:

ISA - MCA - VLB - PCI
AGP - PCI-X - PCIExpress

تفاوت اصلی آنها با هم اولاً در تعداد بیت هایی که می‌توانند در هر لحظه انتقال دهند و ثانیاً در فرکانس کاری آنها می‌باشد. در سال ۱۹۸۴ میلا دی، شرکت IBM ، کامپیوترAT خود را روانه بازار کرد. پردازنده، حافظه و گذرگاه I/O همگی از یک مسیر اشتراکی 8MHz استفاده می‌کردند. این گذرگاه اشتراکی به نام ISA(IndustryStandardArchitecture) مشهور بود. ISA یک رابط ۱۶ بیتی بود که در نتیجه در هر لحظه فقط دو بایت را می‌توانست انتقال دهد. مهم تر از آن اینکه ISA فقط با فرکانس 8MHz عمل می‌کرد و معمولاً به ۲ یا ۳ سیگنال ساعت برای انتقال این ۲ بایت احتیاج داشت. البته این خصوصیت برای تجهیزاتی که به طور ذاتی کند بودند، مثل پورت های سریال، پارالل، کارت‌های صدای قدیمی و CDROM‌ها مشکل ایجاد نمی کرد ولی در عوض برای‌هارد دیسک‌های سریع تر و کارت‌های گرافیکی به صورت یک معضل درآمده بود. هنگامی‌که ISA در مقابل این تجهیزات کم آورد، فناوری‌های دیگر پا به عرصه گذاشتند.

متاسفانه فناوری‌های گذرگاه دیگر مثل MCA(MicroChannel)، EISA(ExtendedISA) و VLB(VESALocalBus) هم خیلی موفق نبودند و زود از رده خارج شدند. سرانجام فناوری گذرگاه PCI، توانست پهنای باند مورد نیاز سیستم‌ها را به ارمغان بیاورد و جای خود را سالها تثبیت کند.

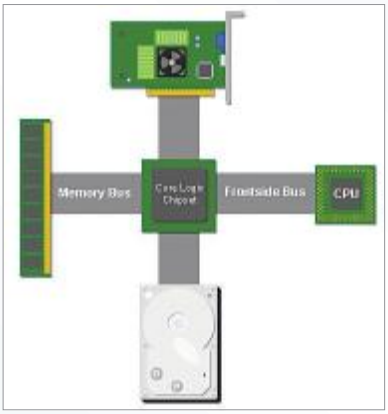
در مقایسه با پیشرفتی که هر ساله در بخش‌های مختلف دنیای کامپیوتر از قبیل پردازنده‌ها ، کارت‌های گرافیکی و... صورت می‌گیرد، به نظر می‌آید که فناوری سیستم‌های ورودی/خروجی (I/O) متوقف مانده است. چنانکه گذرگاه PCI در اوایل دهه ۹۰ میلا دی ابداع شد و هنوز استفاده می‌شود. هارد دیسک‌ها، تجهیزات جانبی، کارت‌های شبکه، کارت‌های صدا، USBها و Firewireها ، همگی اطلاعات را از همان گذرگاه قدیمی که اززمان پردازنده 486ها وجود داشته، عبور می‌دهند.

جدول ۱ : مقایسه انواع گذرگاه‌ها

Bus	Width (bits)	Bus Speed (MHz)	Bus Bandwidth (MBytes/sec)
8-bit ISA	8	8.3	7.9
16-bit ISA	16	8.3	15.9
EISA	32	8.3	31.8
VLB	32	33	127.2
PCI	32	33	127.2
64-bit PCI 2.1	64	66	508.6
AGP	32	66	254.3
AGP (x2 mode)	32	66x2	508.6
AGP (x4 mode)	32	66x4	1,017.3

گذرگاه PCI

اینتل در ژوئن ۱۹۹۲، فناوری PCI را معرفی کرد. بر پایه این فناوری همه دستگاه‌های جانبی از قبیل دیسک سخت، کارت صدا، کارت شبکه و کارت‌های ویدئویی از این گذرگاه به طور اشتراکی استفاده می‌کردند. PCI یک رابط ۶۴ بیتی در یک بسته بندی ۳۲ بیتی می‌باشد. گذرگاه PCI در فرکانس 33MHz کار می‌کند و می‌تواند ۳۲ بیت (معادل ۴ بایت) را در هر پالس ساعت انتقال دهد. PCI با پهنای باند 32bit و سرعت 33MHz، حداکثر نرخ انتقال 133MB/s خواهد داشت که بین تمام تجهیزات PCI به اشتراک گذاشته می‌شود. ولی مشکل اینجاست که هر پالس ساعت در فرکانس 33MHz، برابر با ۳۰ نانوثانیه می‌شود، ولی حافظه می‌توانست حداکثر با سرعت ۷۰ نانوثانیه کارکند. بنابراین وقتی پردازنده، داده‌ها را از حافظه درخواست می‌کند، مجبور است که حداقل ۳ پالس ساعت صبر کند تا داده برسد. در صورتی که اگر داده در تمام پالس‌های ساعت انتقال داده شود (استفاده از حافظه‌های سریع تر) ،گذرگاه PCI می‌تواند همان کارایی سیستم‌های ۶۴ بیتی را با یک گذرگاه ۳۲ بیتی فراهم کند.



شکل‌های ۱ و ۲ : PCI system layout

در حالیکه PCI ابتدا به عنوان یک منجی در دنیای کامپیوتر مطرح شده بود ولی کم کم با ورود فناوری‌های جدید تر مثل‌هارد دیسک‌های سریع تر، کارت‌های صدای PCI، کارت‌های شبکه 10/100 و ... با مشکل مواجه شد و نیاز به یک راه حل برای رسیدن به پهنای باند بالا تر، روز به روز بیشتر احساس می‌شد.

یک‌هارد دیسک ATA133 با استفاده ازیک کنترل کننده UltraIDE133 در تئوری می‌تواند تمام پهنای باند یک گذرگاه PCI را فقط در بعضی از لحظات (Burst time) اشغال کند و سایر تجهیزات را از دسترسی به این گذرگاه محروم کند.نرخ انتقال واقعی برای این‌هارد دیسک‌ها، عملاً پایین تر از این مقدار می‌باشد. حالا ببینید وضع در مورد RAIDها، SCSIها و کارت‌های شبکه گیگا بیتی و ... که نرخ انتقال بالا تری دارند چگونه است؟ همه این فناوری‌ها سعی دارند که

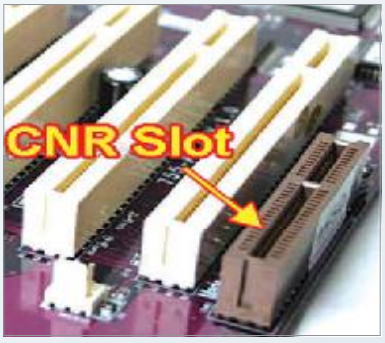
اطلاعات را از طریق همان گذرگاه PCI قدیمی و کم سرعت انتقال دهند! این یعنی گلوگاه !!!

گذرگاه‌های HSP

اسلات های AMR (Audio Modem Riser) ، CNR (Communications and NetworkRiser) و ACR (Advanced Communications Riser) که بر روی بعضی از مادربردها قرار دارند، همگی یک هدف مشترک دارند و آن نصب تجهیزات HSP (Host Signal Processing) می‌باشد. این تجهیزات می‌توانند مودم، کارت صدا و یا کارت شبکه باشند. HSPها فاقد کنترلر می‌باشند و پردازنده کامپیوتر، این کارت ها را کنترل می‌کند. در نتیجه این کار تها خیلی ارزان می‌باشند، اما در عوض بخشی از کارایی سیستم به خاطر این کارت ها کاهش پیدا می‌کند چرا که بخشی از توان پردازنده برای کنترل این کارت ها مصرف می‌شود. این تجهیزات معمولاً با نام Software Controlled در بازار مشهورند، مثل مودم‌های AMR که به Soft Modem معروفند.

شکل ۳ : AMR Slot

شکل ۴ : ACR Slot



شکل ۵ : CNR Slot

گذرگاه AGP

با رشد فناوری کارت های ویدئویی، گذرگاه PCI پاسخگوی پهنای باند مورد نیاز آنها نبود و بنابراین اینتل، یک گذرگاه جدید به نام AGP طراحی کرد که فقط مختص کارت های گرافیکی می‌باشد و با این کار هم مشکل پهنای باند کارت‌های گرافیکی را حل کرد و هم ترافیک گذرگاه PCI را کاهش داد. AGP 8X با پهنای باند 32bit و سرعت 533MHz می‌تواند حداکثر نرخ انتقال 2.1GB/s را به صورت اختصاصی فراهم کند.

جدول ۲ : نسخه‌های مختلف AGP

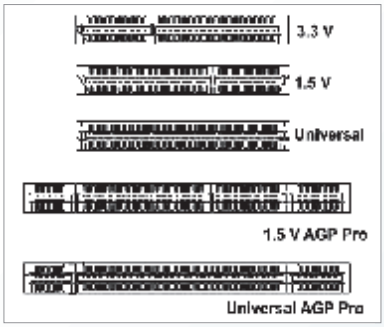
Version	Operation Modes	Voltage
AGP 1.0	1x and 2x	3.3v
AGP 2.0	1x, 2x and 4x	1.5V
AGP 3.0	1x, 2x, 4x and 8x	1.5V

جدول ۳ : انواع AGP

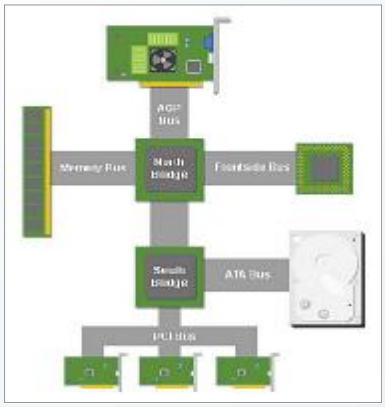
Mode	Clock	Number of bits	Data per clock cycle	Transfer Rate
x1 AGP	66 MHz	32 bits	1	266 MB/s
x2 AGP	66 MHz	32 bits	2	533 MB/s
x4 AGP	66 MHz	32 bits	4	1,066 MB/s
x8 AGP	66 MHz	32 bits	8	2,133 MB/s

جدول ۴ : مقایسه انواع AGP با سایر گذرگاه‌ها

Bus Type	Data Transfer Rate (Up to)
PCI Express 16x	4 GB / sec
AGP 8x	2.112 GB / sec
AGP 4x	1.056 GB / sec
AGP 2x	528 MB / sec
AGP 1x	264 MB / sec
PCI	132 MB / sec
ISA	6.5 MB / sec



شکل ۶ : انواع AGP Slots



شکل ۷ : گذرگاه PCI و AGP

هر چند که بار داده های ویدئویی توسط AGP از دوش PCI برداشته شد ولی باز هم داستان رشد فناوری تکرار شد و با آمدن فناوری‌های نوین مثل کارت های شبکه گیگا بیتی و RAIDها ، گذرگاه PCI با مشکل مواجه شد و توانایی پشتیبانی از نرخ انتقال آنها را نداشت. به عنوان مثال یک Pentium4 با حافظه DDR می‌تواند اطلاعات را با سرعت 2.1GB/s در گذرگاه حافظه انتقال دهد و نیز AGP 8x می‌تواند با همین نرخ انتقال عمل کند. اینها نمونه ای از فناوری‌های جدید برای حل مشکل محدودیت گذرگاه PCI می‌باشند. ولی به هیچ وجه کافی نبودند، بنابراین فکر تغییر گذرگاه PCI پا به عرصه گذاشت. با در نظر گرفتن این واقعیت ها، خیلی بهتر است که بتوان همین گذرگاه PCI را بهبود بخشید و سرعت آن را افزایش داد. چرا که PCI، یک بستر پایدار و انعطاف پذیر برای تولید کنندگان سخت افزار و نرم افزار در طول تقریباً یک دهه فراهم کرده است. هر کس که روزهای قبل از ویندوز ۹۵ و تجهیزات Plug&Play را به یاد می‌آورد، به خوبی متوجه می‌شود که چرا کامپیوترها نسبت به گذشته خیلی به هم شبیه تر وسهل الاستفاده تر شده اند که بخشی از این کاملاً به PCI وابسته است.

در حال حاضر ۳ نوع PCI وجود دارد که همگی برای افزایش پهنای باند طراحی شده اند. این ها عبارتند از:

PCIX 2.0
PCI-X 64Bit 133 MHz
PCI 66MHz

در جدول زیر نرخ انتقال گذرگاه های PCI، PCI-X و AGP لیست شده است.

جدول ۵: مقایسه انواع PCI با انواع AGP

Bus	Clock	Number of bits	Data per Clock Cycle	Maximum Transfer Rate
PCI	33 MHz	32	1	133 MB/s
PCI	66 MHz	32	1	266 MB/s
PCI	33 MHz	64	1	266 MB/s
PCI	66 MHz	64	1	533 MB/s
PCI-X 66	66 MHz	64	1	533 MB/s
PCI-X 133	133 MHz	64	1	1,066 MB/s
PCI-X 266	133 MHz	64	2	2,132 MB/s
PCI-X 533	133 MHz	64	4	4,266 MB/s
AGP x1	66 MHz	32	1	266 MB/s
AGP x2	66 MHz	32	2	533 MB/s
AGP x4	66 MHz	32	4	1,066 MB/s
AGP x8	66 MHz	32	8	2,133 MB/s

اما یک مشکل وجود دارد و آن عبارتست از اینکه این فناوری‌ها بسیار پیچیده و گران قیمت می‌باشند و در نتیجه راه خود را به سوی مادربرد های Server باز می‌کنند، یعنی در دنیای کامپیوترهای خانگی، ناشناخته باقی می‌مانند. برای مثال PCI-X، برای هر Slot نیاز به یک کنترلرجداگانه دارد که در نتیجه خیلی گران تمام می‌شود. PCI-X توسعه یافته PCI می‌باشد که بیشتر در Serverها استفاده می‌شود.

و اما PCIExpress

PCIExpress پاسخ به همان نیاز بود. در واقع این فناوری برای برقراری مجدد توازن بین سرعت پردازنده و سرعت سیستم طراحی شد. شرکت Intel همراه با IBM، Dell، COMPAQ، HP و Microsoft استاندارد جدیدی را برای این مشکل ابداع کردند. این استاندارد PCI Express نامیده شد که البته در ابتدا 3G IO یا نسل سوم I/O نامیده می‌شد. این استاندارد در ۱۷ آوریل ۲۰۰۲ در PCI- SIG تصویب شد (کمیته پاسخگو برای مدیریت رابط PCI) .

PCI Express اگر چه تکامل یافته PCI محسوب می‌شود، ولی در واقع یک رابط کاملاً جدید می‌باشد.

PCI Express چیست؟

PCIExpress در واقع کوشش صنعت کامپیوتر برای یکپارچه کردن انواع مختلف گذرگاه‌های I/O و تبدیل آنها به یک استاندارد جهانی یکسان می‌باشد. بیش از ۱۰ سال است که PCI کاربردهای متنوعی را پوشش می‌دهد، در حالیکه خیلی از آنها هنگام طراحی خصوصیات PCI هرگز پیش بینی نشده بودند. پورت هایی از قبیل AGP ، ATA وUSB برای رفع محدودیت های PCI در انتقال داده‌ها با سرعت بیشتر بوجود آمدند. چیزهایی از قبیل انتقال های ویدئویی حجیم و کاربردهای بلادرنگ، هرگز در مشخصات PCI درنظر گرفته نشده بودند. PCI از یک ساختار موازی و Multi-Drop تشکیل شده که ریشه اصلی محدودیت آن می‌باشد. این محدودیت ها به گونه ای است که برای رسیدن به اندکی کارایی بالاتر، نیاز به هزینه هنگفتی می‌باشد. همانند فناوری Hyper Transport شرکت AMD ، PCI Express هم یک ارتباط دو طرفه و سریال می‌باشد که داده‌ها را در قالب بسته ها (Packet) مانند انتقال بسته های اطلاعاتی در ارتباطات اترنت ، منتقل می‌کند.

PCI Express یک گذرگاه داده موازی نیست که تمام داده‌ها را از طریق این گذر گاه با نرخ ثابت انتقال دهد، بلکه مجموعه ای از ارتباطات سریال نقطه به نقطه می‌باشد که به طور جداگانه پالس ساعت (Clock) می‌گیرند و هر کدام از یک مسیر جداگانه استفاده می‌کنند و هر کدام شامل یک جفت از خطوط داده می‌باشند که داده‌ها را در هر دو جهت انتقال می‌دهند (Upstream&Downstream). هر کدام از این مسیرها، قادر به انتقال داده با سرعت 2.5Gb/s در هر جهت می‌باشند، بنابراین نرخ کلی انتقال داده‌ها حدود 250MB/s می‌باشد.

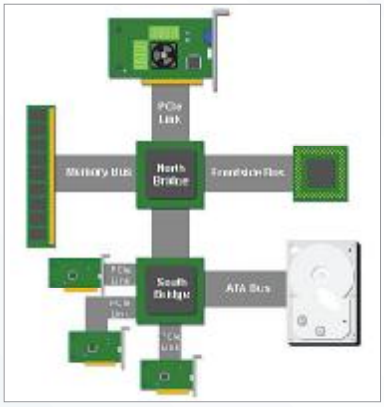
جدول ۶: مقایسه PCI Express با انواع PCI

	PCI	PCI-X	PCI Express
Frequency	33/66 MHz	133 MHz/PCI-x(1.0), 266 MHz, 533 MHz (	N/A
Throughput	Peak Transfer Rate of 133 MB/S	Peak Transfer Rate of 1 GB/S (PCI-x 2.0=2 GB/S)	5-8 Gigabits per second (Gbps) Peak theoretical burst width, depending on the implementation (e.g.1x/4x/16)
BUS	32-bit Parallel	64-bit Parallel	Serial

ساختار PCIExpress

گذرگاه PCIExpress از چندین مسیر نقطه به نقطه از جنس مس تشکیل شده است که برای اتصال همه بخش‌هایی که نیاز به انتقال داده به گذرگاه قدیمی تر PCI دارند، استفاده می‌شود. برای انعطاف پذیری بیشتر آن، یک سوئیچ به معماری آن اضافه شده است.

کارکرد آن شبیه سوئیچ اترنت می‌باشد و مابین تجهیزات PCIExpress متصل شده به مادربرد و سیستم I/O قرار می‌گیرد. این خصوصیت، تجهیزات جدید تر مثل کارت های شبکه گیگابیت را قادر می‌سازد که در صورت نیاز با یکدیگر مستقیماً ارتباط برقرار کنند. بدین ترتیب لازم نیست که داده‌ها از طریق چیپ ست به تجهیزات کناری منتقل شوند بلکه مستقیماً انتقال بین آن دو انجام می‌شود.



شکل ۸ : ساختار PCI Express

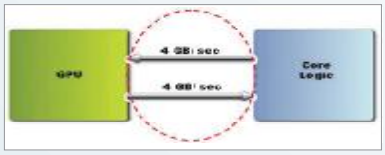
شکل ۹ : مقایسه PCI Express با AGP

PCIExpress از یک نوع توپولوژی شبکه ای با ساختار سوئیچ استفاده می‌کند. سوئیچ جایگزین گذرگاه Multi-Drop درPCI ها شده و برای توزیع پیام های I/O به هر کدام از اتصالات نقطه به نقطه بکار می‌رود. معنی این عبارت این است که اگر یک دستگاه PCIExpress بخواهد داده ها را به دستگاه دیگر انتقال دهد، نیازی نیست که از طریق چیپست انجام بگیرد و در نتیجه حجم پیام‌هایی که توسط چیپست باید پردازش شود کاهش می‌یابد.

شکل ۱۰ : شکل ظاهری اسلات ها

ارتباطات PCI Express به سوئیچ وصل می‌باشند. هر ارتباطی می‌تواند شامل تعدادی مسیر باشد که در نتیجه هر دستگاه می‌تواند به طور جداگانه با تعداد مسیرهای مورد نیاز خود ارتباط برقرار کند و اینجاست که عبارات 1x، 2x، 4x، 8x و16x مطرح می‌شوند. مثلاً کارت های معمولی می‌توانند از نوع 1x (پهنای باند کمتر) و کارت های گرافیکی از نوع 16x(پهنای باند بیشتر) استفاده کنند.

توجه: پهنای باند 8GB/s نشان داده شده برای PCIExpress در حالت دو طرفه همزمان می‌باشد و در جهت حداکثر 4GB/s قابل دسترس می‌باشد.



شکل۱۱: یک مسیر (lane) در PCI Express

PCI Express بر اساس طرح های آینده طراحی شده است و مزایای آن با پیشرفت های سخت افزاری آینده بسیار بهتر خود را نشان می‌دهد. مزایای واقعی زمانی بهتر آشکار می‌شوند که به یک مسیر نقطه به نقطه، بیش از یک کانال ارتباطی اختصاص داده شود. کانال ها می‌توانند به یکدیگر اضافه شوند تا پهنای باند مورد نیاز برای بخش خاصی از سیستم I/O مثل

اسلات کارت گرافیک را افزایش دهند.

دو مزیت مهم

این فناوری دو مزیت مهم دارد، اول اینکه مقدار اثرمتقابل (Trace) مسیرها بر یکدیگر در مادربردها، به خاطر مدارات نقطه به نقطه کاهش می‌یابد که این خود باعث استفاده از ۴ مسیر به جای ۳۲ مسیر برای هر ارتباط پایه شده و اشتیاق فراوانی را برای سازندگان مادربرد نسبت به این فناوری بوجود آورده است، چرا که باعث کاهش هزینه تولید مادربرد خواهد شد. دوم اینکه، از آنجا که هر مسیر منحصراً برای ارتباط ما بین ۲ نقطه بکار می‌رود، هیچ اشتراکی در پهنای باند وجود ندارد.

طراحی نقطه به نقطه به این معنی می‌باشد که امکان طراحی سیستم‌های قوی تر و متهورانه تر فراهم می‌شود. اتصالات PCIExpress به خاطر تعداد کم سیگنال ها می‌تواند توسط کانکتورها و کابل‌های کمتری ساخته شود.

فناوری‌های نوین مثل شبکه‌های گیگا بیت چند گانه شرکت اینتل (Multi-Gigabit Ethernet) به پهنای باند بسیار بالا تری از گذرگاه‌های PCI فعلی نیاز دارند و در نتیجه حضور PCI Express مخصوصاً در Serverها اجتناب ناپذیر می‌باشد.

از موازی به سریال

تقریباً همه گذرگاه‌های PC از جمله ISA، EISA، MCA، VLB، PCI وAGP از ارتباطات موازی استفاده می‌کنند. این ارتباطات چندین بیت را همزمان منتقل می‌کنند، در حالیکه در ارتباطات سریال فقط یک بیت درهر لحظه منتقل می‌شود. این موضوع در ابتدا این مسئله را به ذهن می‌رساند که ارتباطات موازی سریع تر می‌باشد، چرا که تعداد بیت‌های منتقل شده در یک زمان بیشتر است و در نتیجه ارتباط سریع تر می‌شود.

اما در عوض ارتباطات موازی از مشکلاتی رنج می‌برند که آنها مانع از رسیدن به فرکانس‌های بالا می‌شوند. افزایش فرکانس باعث ایجاد دو مشکل مهم یعنی تداخل مغناطیسی مسیرها بر روی یکدیگر و تاخیر انتشار می‌شود.

پیاده سازی گذرگاه سریال نسبت به موازی خیلی ساده تر می‌باشد چرا که فقط به دو سیم برای انتقال داده نیاز می‌باشد: یکی برای انتقال داده و دیگری سیم زمین. از طرفی در ارتباطات سریال می‌توان از فرکانس‌های خیلی بالاتر از حالت موازی استفاده کرد، چون در این نوع ارتباط، خبری از تاخیر انتشار و تداخل مغناطیسی نیست.

تفاوت عمده دیگر این دو روش این است که ارتباطات موازی معمولا یک طرفه (half Duplex) می‌باشند و همان مسیرهایی که برای ارسال داده‌ها بکار می‌روند برای دریافت آنها هم استفاده می‌شوند، در حالیکه ارتباطات سریال معمولاً دو طرفه همزمان (full Duplex) می‌باشند و از یک مسیر برای ارسال و مسیر دیگری برای دریافت استفاده می‌شود و هر کدام فقط نیاز به دو سیم دارند.

حالا ممکن است شما این سوال را مطرح کنید که بالا خره کدام سریع تر می‌باشند؟

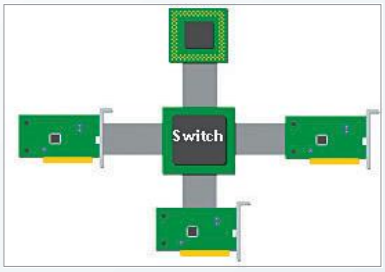
البته در فرکانس مساوی، ارتباطات موازی سریع تر می‌باشند ولی اگر فرکانس را زیاد کنیم، تا جایی که ارتباطات موازی نتوانند عمل کنند، آنگاه ارتباطات سریال ارزش خود را نشان می‌دهند و سرعت انتقال بیشتری خواهند داشت، چنانچه امروزه دو فناوری مهم یعنی Serial ATA و PCI Express از همین خصوصیت ارتباطات سریال استفاده می‌کنند.

و اما PCI-SIG درمورد ارتباط سریال در PCI Express می‌گوید: « معماری گذرگاه سریال پهنای باند بالاتری را برای هر پین نسبت به معماری گذرگاه موازی فراهم می‌آورد و در نتیجه خیلی راحتر به پهنای باند بالا تر می‌توان دست یافت.»

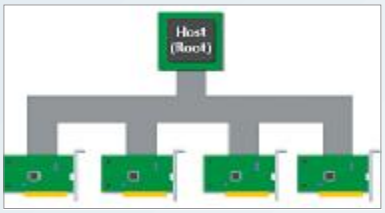
یک نکته ظریف!

از لحاظ فنی، PCI Express یک گذرگاه نیست! یک گذرگاه، یک مسیر داده می‌باشد که چندین دستگاه به طور همزمان به آن متصل باشند و به طور اشتراکی از آن مسیر استفاده کنند، در حالیکه PCI Express یک ارتباط نقطه به نقطه می‌باشد که در آن فقط دو دستگاه به هم متصل می‌باشند و مسیر ارتباطی آنها با هیچ دستگاه دیگری به اشتراک گذاشته نمی شود.

اما ما هم مطابق با بقیه، آن را یک گذرگاه می‌نامیم هرچند می‌دانیم که واقعیت چیست! (خواهی نشوی رسوا ...)



شکل ۱۲ : گذرگاه به صورت سوئیچ



گذرگاه به صورت اشتراکی

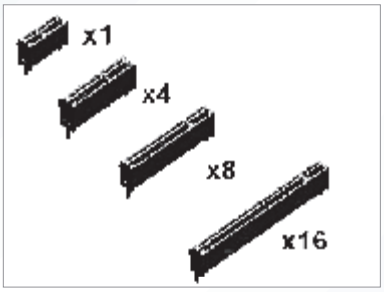
کاهش هزینه

یکی از اهداف اصلی PCI Express رسیدن به یک طراحی ارزان قیمت بود که کارائی بالایی داشته باشد. به عبارت دیگر کارت‌های توسعه می‌توانند با تعداد پین‌های کمتر، ساده تر باشند و این به معنی کاهش هزینه می‌باشد. چنانچه امروزه مودم‌ها، ساده تر و ارزان تر می‌باشند.

حالت‌های عملیاتی

PCI Express یک گذرگاه سریال می‌باشد که به صورت دو طرفه همزمان عمل می‌کند. داده‌ها در این گذرگاه از طریق دو جفت سیم به نام lane (مسیر) انتقال داده می‌شوند. هر مسیر حداکثر دارای نرخ انتقال 250MB/s در هر جهت می‌باشد که تقریباً دو برابر PCI می‌باشد. PCI Express می‌تواند با ترکیب چندین مسیر برای رسیدن به کارایی بالاتر ساخته شود. PCI Expressها با تعداد مسیرهای یک، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ وجود دارند. برای مثال نرخ انتقال PCIExpress با ۸ مسیر (8X) برابر است با 250MB/s8=2GB/s .

PCI Express انواع متفاوتی از اسلات‌ها را بر اساس تعداد مسیرها تعریف می‌کند که در زیر شکل آنها دیده می‌شود.



شکل ۱۳: انواع PCI Express Slot

جدول ۷: مقایسه انواع PCI Express و انواع AGP

Bus	Maximum Transfer Rate
PCI	133 MB/s
AGP 2x	533 MB/s
AGP 4x	1,066 MB/s
AGP 8x	2,133 MB/s
PCI Express x1	250 MB/s
PCI Express x2	500 MB/s
PCI Express x4	1,000 MB/s
PCI Express x16	4,000 MB/s
PCI Express x32	8,000 MB/s

جدول ۸: تطابق Slotها با کارت‌ها

Card\ Slot	X1	X4	X8	X16
X1	Yes	Yes	Yes	Yes
X4	No	Yes	Yes	Yes
X8	No	No	Yes	Yes
X16	No	No	No	Yes

کانکتورهای PCI Express از نظر ظاهری و روش اتصال مشابه با PCI می‌باشند. اسلات های PCI Express1X از نظر اندازه تقریباً برابر با اسلات‌های AMR (حدود 2.5cm) می‌باشند. در حالیکه اسلات های گرافیکی PCI Express16X بسیار مشابه اسلات های AGP می‌باشند .تجهیزات PCIExpress با پهنای باند مختلف از رده‌های میانی اسلات 4x و یا 8x استفاده می‌کنند.

Express Card

در بازار تجهیزات قابل حمل(نوت بوک‌ها) ، یک استاندارد جدید به نام Express Card به وسیله گروه PCMCIA با همکاری گروه PCI-SIG ایجاد شده است. بسیاری از شرکت های درگیر با PCI Express عضو هر دو گروه می‌باشند.

Express Card یک فناوری می‌باشد که در واقع پلی بین نوت بوک‌های فعلی فاقد PCI Express و نوت بوک‌های آینده دارای PCI Express می‌باشد. آن می‌تواند هم USB2.0 وهم PCI Express را پشتیبانی کند. در نتیجه این امکان برای سازندگان فراهم می‌شود که کارت هایی بسازند کنند که یکی یا هر دو فناوری را داشته باشند. البته این کارت ها نمی توانند با تجهیزات طراحی شده با PCCardها، مطابق داشته باشند و با آنها کار نمی کنند.

تجهیزاتPCI Express خارجی

از مزایای دیگر PCI Express توانایی اتصالات خارجی آن می‌باشد. همان ا تصالات نقطه به نقطه 200MB/s می‌تواند روی کابل و به تجهیزات خارجی با فاصله حداکثر ۵ متر ارتباط برقرار کند. نکته جالب ترانیکه کانکتورهای PCI Express به گونه ای طراحی شده اند که می‌توانند به صورت HotPlug عمل کنند (درست مثل کانکتورهای USB).

بعید است که سازندگان Firewire وUSB2.0 از آینده نزدیک نگران باشند. هر چند که فناوری PCI Express امکان انتقال بدون نیاز به پلی برای اتصال به سیستم I/O را برخلاف Firewire و USB 2.0 فراهم می‌کند.

تجهیزات Firewire وUSB 2.0 در حال حاضر خیلی متداول هستند و تجهیزات خارجی از نوع PCI Express هم یکی دو سالی طول می‌کشند که در بازار خوب جا باز کنند و در این مدت USB و Firewire فراگیرتر هم شده اند و در نتیجه سازندگان مجبورند که به پشتیبانی از آنها ادامه دهند، درست به همان دلیل که PCI Express طوری طراحی شده است که با PCI2.2 همزمان بر روی یک مادربرد کار کند.

همچنین، Express cardها به طور واضح USB 2.0 را با PCI Express در یک اسلات ترکیب می‌کنند تا در تجهیزات موبایل مثل نوت بوک ها استفاده شوند. این خود نشانه این است که PCI Express قصد جایگزینی USB 2.0 را در آینده نزدیک ندارد و هم یک امتیاز برای فناوری مفید USB می‌باشد که به راه خود ادامه دهد و ابداعات جدید را پیگیری کند.

معماری پیمانه ای (Modularity)

اینتل یک توپولوژی پیشنهاد داده که بر اساس آن، واحد محاسبات از مانیتور، تجهیزات واسطه و درایوهای خارجی بوسیله اتصالات کابلی PCI Express جدا شوند. مفهوم این پیشنهاد این است در Serverها و حتی PCها، به طور کامل امکان طراح پیمانه ای (Modular) به وجود می‌آید، البته اگر همه سازندگان به این طرح راغب باشند.

اگرچه پذیرش این طرح در راستای اهداف PCI Express می‌باشد و نتیجه آن کاربرپسندتر شدن PCها و در نتیجه توسعه بیشتر IT می‌باشد. PCI با عث پیکربندی راحت تر کامپیوترها شد و حالا چرا PCI Expressها هم این مزیت را به طور بهتری به ارمغان نیاورند؟

PCI Express16x

بزرگترین تاثیری که PCI Express در دنیای PCها می‌گذارد، در مقوله اسلات گرافیکی 16x می‌باشد. در جدید ترین چیپ ست های AMD و Intel، این فناوری جایگزین AGP 8x شده است. از طرفی همه سازندگان حرفه ای کارت های گرافیکی از جمله ATI و NVIDIA، به طور پیش فرض در محصولات جدید خود از این فناوری استفاده می‌کنند.

این اسلات 16X با ۱۶۴پین، پهنای باندی را در حدود 4 GB/s در هر جهت فراهم می‌کند که تقریباًدو برابر پهنای باند 2.1 GB/s در AGP 8x می‌باشد. مشخصات 16x در مورد اندازه محل اتصال کارت تا حدودی مشابه AGP می‌باشد ولی کاملاً با آن منطبق نیست که این خود یک مزیت مهم از نظر راحتی نصب و مشابهت با فناوری‌های قبلی می‌باشد.

کارت های گرافیکی PCI Express16x در حدود ۷۵ وات مصرف توان دارند. درحالیکه کارت های گرافیکی AGP 8x معمولاً بین ۲۵ تا ۴۲ وات مصرف دارند. البته کارت های گرافیکی مدرن AGP 8x نیاز به توان بالا تری دارند که این توان توسط کانکتورهای اضافی برای آنها تامین می‌شود. در حالیکه به دلیل معرف توان بالا ، کارتهای PCI Express نیاز به کانکتورهای اضافی توان ندارد.

دو شرکت اصلی سازنده کارت های گرافیکی یعنی NVIDIA و ATI عملاً به PCI Express روی آورده اند و شرکتهای مهم دیگر از 3Dlabs تا XGI نیز پشتیبانی از این فناوری را رسماً آغاز کرده اند و به نظر می‌آید که روزهای آخر AGP 8x فرا رسیده است.PCI Express16x و AGP 8x نمی توانند همزمان بر روی یک مادربرد قرار داشته باشند. این حقیقت مانع از ساخت مادربردهای گوناگون که از AGP 8X و PCI Express به طور همزمان استفاده می‌کنند، نمی شود، اگر چه اینگونه مادر بردها امکان استفاده از کارت های قدیمی تر AGP را بر روی مادربردهای جدید تر فراهم می‌کنند، ولی امکان استفاده از حداکثر قدرت PCI Express رانمی توانند فراهم کنند.

هر مسیر PCI Express قادر است که در هر جهت 250 MB/s انتقال دهد، بنابراین یک اسلات 16x می‌تواند حداکثر 4GB/s در هرجهت انتقال دهد که این خود تقریباًدو برابر پهنای باند AGP8x می‌باشد.

SLI

SLI سر واژه عبارت Scalable Link Interface می‌باشد.

اشتباه نکنید! SLI یک نوع کارت گرافیکی نیست بلکه یک فناوری می‌باشد.

یک سیستم SLI از قدرت دو کارت گرافیکی PCI Express شرکت NVIDIA به طور همزمان استفاده می‌کند و پهنای باند را افزایش داده و در نتیجه کارایی بالا یی را به دست می‌آورد.

NVIDIA موفق به ابداع یک فناوری جدید به نام Dual-SLI شده است که با استفاده از اسلات های PCI Express16x طراحی شده است و چیپ ست nForce4 را برای آن پیش بینی کرده است. این فناوری این امکان را بوجود می‌آورد که دو اسلات PCI Express16x، مسیرهای ۱۶ گانه خود را به دو بخش ۸ مسیری تقسیم کنند و دو کارت گرافیکی یکسان، همزمان با هم کار کنند. این باعث یک پیشرفت بزرگ در بازی‌های سه بعدی خواهد شد. SLI صرفاً یک فناوری سخت افزاری نیست، بلکه از ترکیب هماهنگ و موزون سخت افزار

و نرم افزار (درایور) به وجود می‌آید. بخشی از GPU (Graphic Processing Unit) ارتباط با GPU دیگر را فعال می‌کند تا بتوان کل حجم کاری را به صورت اشتراکی پردازش کردودراین میان نرم افزار تصمیم می‌گیرد که چگونه این تقسیم وظایف بین کارت ها انجام گیرد (Load Balancing).

جدول۹: مقایسه SLI در بازی Doom3

Video Card	1024x768 (FPS)	1280x1024 (FPS)	1600x1200 (FPS)
Geforce 6800 Ultra PCIE (SLI mode)	90.9	78.4	61.5
Geforce 6800 Ultra PCIE (Single Card)	61.3	46.3	36.0
% Change	48%	69%	71%

اگر این تئوری به خوبی کارکند، شما ممکن است به دو برابر راندمان حالت تک کارتی برسید، اما آیا همیشه این گونه است؟ این داستانی است که همیشه با دنیای کامپیوتر همراه بوده است.

آیا راندمان سیستم‌های دوپردازنده ای، دوبرابر تک پردازنده ای می‌باشد؟ آیا پردازندهای Pentium D که دو هسته ای می‌باشند، راندمانشان دوبرابر پردازندهای Pentium تک هسته ای می‌باشد؟آیا راندمان پردازندهای Pentium 4 HT که می‌توانند چند thread را همزمان پردازش کنند دو برابر پردازندهای بدون HT می‌باشد؟

پاسخ تمام سئوالات بالا منفی است و به تبع آن راندمان SLI هم هیچگاه دو برابر راندمان یک کارت PCI Express نخواهد بود.

شکل ۱۴ : مادربرد با دو کارت گرافیک SLI

البته دلیل این موضوع در حوصله این مقاله نمی گنجد و دوستداران علت آن می‌توانند از طریق ایمیل مکاتبه داشته باشند.

یک سیستم SLI شامل بخش‌های زیر می‌باشد:

- یک مادربرد که حداقل دو اسلات PCI Express16x داشته باشد.
- دو کارت گرافیک PCI Express16x کاملاً یکسان و یک مدل.
- نمونه ای از کارت های گرافیکی که SLI را پشتیبانی می‌کنند، عبارتند از:

Geforce 6800Ultra
Geforce 6800 GT
Geforce 6600 GT
Geforce 6800
Geforce 7800

- منبع تغذیه مناسب (حداقل ۵۰۰ وات)

لیست چیپ ست‌ها و کارت های گرافیکی PCI Express در جداول زیر آمده است.

مادر بردهایی که مجهز به PCI Express می‌باشند، باید یکی از چیپست ها ی زیر را داشته باشند:

جدول ۱۰: چیپ ست های پشتیبانی کننده از PCI Express

Maker	Chipset	Socket
Intel	Intel 925x Intel 915G Intel 915GV Intel 915GL Intel 915P Intel 910GL Intel 925XE	775 775 775 775 775 775/478 775
VIA	K8T890 K8T890 Pro (Dual GFX) PT894 PT894 Pro (Dual GFX) PT880 Pro (AGP, PCI-E)	939/940/754 939/940/754 478/775 478/775 478/775
NVIDIA	nForce4 Ultra nForce4 SLI nForce 4	939 939 939/754
ATI	Express 200 Express 200P	939/754 939/754

البته قیمت کارت های گرافیکی PCI Express معمولاً گران تر از معادل AGP آنها می‌باشد.

نتیجه کلام

PCI Express با فناوری Hyper Transport شرکت AMD رقابت نمی کند بلکه در کنار آن برای انتقال داده‌ها به طور موثرتری در چیپ ست استفاده می‌شود. مانند چیپ ستهای nForce4 و K8T890.

همچنین PCI Express در نظر دارد که به عنوان یک لایه بستر در انتقال داده در روشهای مختلف I/O مثل SATA و SCSI عمل کند و قرار نیست جایگزین آنها شود. PCI Express می‌رود تا جایگزین AGP به عنوان کانال ارتباطی ما بین چیپست گرافیکی و پردازنده و حافظه شود.

همانطور که گفته شد، پیمانه ای بودن PCI Express ، آن را قادر می‌سازد که نقش های زیادی را در دنیای کامپیوتر ایفا کند و در نتیجه سازندگان قادر خواهند بود که مشخص کنند که هر وسیله ای چه مقدار پهنای باند نیاز دارد؟

معماری PCI Express در نظر ندارد که جایگزین فناوری فعلی گذرگاه پردازنده/حافظه شود، اما پهنای باند بالاتر و قابلیت انعطاف پذیری بیشتری را برای سیستم I/O فراهم می‌کند.

PCI-SIG فناوری PCI Express را با مشخصات باز برای طراحی طیف وسیعی از سیستمهای ارتباطی فعلی و آینده که در بخشهای محاسبات و ارتباطات کاربرد دارند، تعریف کرده است. معماری PCI Express یک معماری انعطاف پذیر، اندازه پذیر، با سرعت بالا ، سریال، نقطه به نقطه، Hot Plug و Hot Swap می‌باشد که از نظر نرم افزاری با PCI مطابقت دارد.

منظور از مشخصات باز این است که هر کسی می‌تواند PCI Express را پیاده سازی کند و براساس آن طرح های نوین ارائه کند مثل NVIDIA که SLI را ابداع کرد. منظور از انعطاف پذیری این است که PCI Express می‌تواند با تعداد متفاوتی از مسیرها کار کند. پیاده سازی‌های اولیه آن معمولاً با یک مسیر(1x) و ۱۶ مسیر(16x) بودند، اما برحسب نیاز می‌توان از تعداد مسیرهای دیگر(4x و 8x) هم استفاده کرد و نیز این قابلیت را دارد که تا ۳۲ مسیر(32x) افزایش داده شود.

و اما هدیه اصلی PCI Express به ما بزرگترین هدیه، سرعت PCI Express می‌باشد. سرعت پایه 2.5 Gb/s در هر جهت هر کانال تقریباً نرخ انتقال 200 MB/s را در هر کانال به ارمغان می‌آرود. (یعنی 100 MB/s در هر پین!) این تقریباً دو برابر PCIهای فعلی می‌باشد.

سرعت بالاتر و انعطاف پذیری حاصل از PCI Express باعث می‌شود که خیلی زود AGP 8x از صحنه خارج شود ولی PCI با سرعت کمتری از گردونه خارج می‌شود، احتمالاً دیری نمی پاید که شاهد مادربردهایی خواهیم بود که فقط PCI Express داشته باشند و خبری از AGP و PCI بر روی آنها نباشد، همانطور که امروز خبری از ISA بر روی مادربردها نیست.

مهندس هومن سیاری
h.sayyari@gmail.com

مراجع:

http://www.pcisig.com
http://www.pcstats.com/articleview.cfm?articleID=1087
http://www.d-silence.com/feature.php?id=252&pn=2
http://www.geeks.com/pix/techtips-031005.htm
http://arstechnica.com/articles/paedia/hardware/pcie.ars
http://www.hardwaresecrets.com/article/190
http://en.wikipedia.org/wiki/Peripheral_Component_Interconnect
http://www.computerhope.com/help/bus.htm
http://www.g4tv.com/screensavers/features
/50629/SLI_Mode_vs_Single_Card_Scores.html