

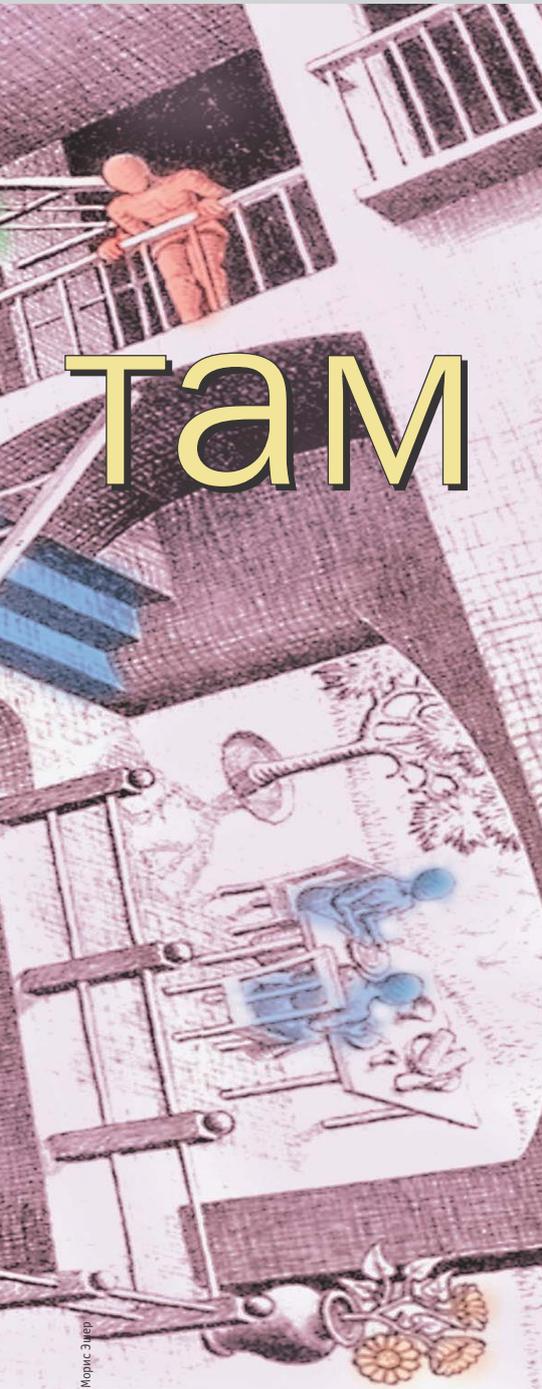


Где вход,

В последнее время многие основные компоненты системного блока переживают бурную эволюцию, в то время как периферийные шины на первый взгляд в технологическом плане как будто застыли на месте. Но это лишь кажущееся затишье...

Нынешняя распространенность шины PCI просто поражает, если учесть, что изначально она предназначалась лишь для обеспечения соединения между отдельными чипами. Но вскоре после ее появления, в 1990 году, стало ясно, что возникла необходимость в шине общего назначения, способной заменить ISA. И это было только начало: в течение 90-х годов

PCI из шины общего назначения для клиентских ПК эволюционировала в широко распространенный стандартный интерфейс ввода-вывода для серверов, коммуникационных платформ и в качестве Compact PCI для множества встраиваемых систем. Пожалуй, никто из тех, кто разрабатывал PCI, не мог и предположить, сколь широкое применение найдет их детище. »



Перспективы развития

там

и выход

» Шина PCI верой и правдой служила компьютерной индустрии с 1990 года и будет еще служить на протяжении как минимум пары лет. В качестве открытого стандарта PCI явилась базой для бесчисленных инноваций во всех областях индустрии. Однако эволюция компьютерной техники неотвратимо ведет к увеличению потребностей в пропускной способности, выходящих далеко за рамки того, что могут обеспечить PCI 2.2, PCI-X или любая другая архитектура параллельной разделяемой шины.

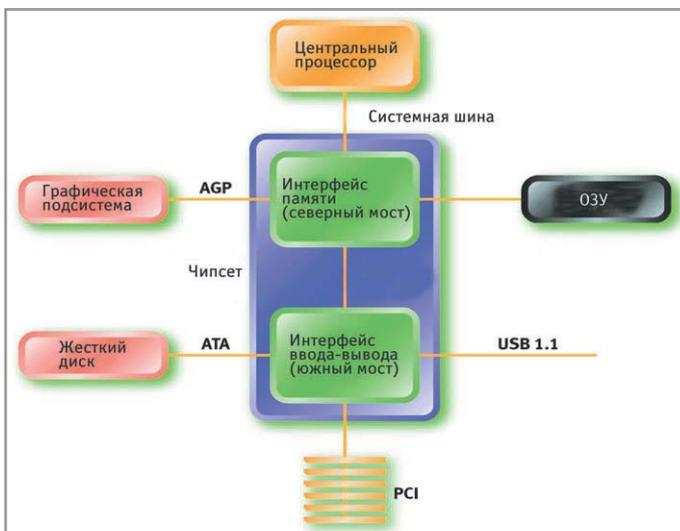
Основным индикатором «начала конца» того или иного поколения технологий является возникновение частных решений, которые увеличивают общую стоимость системы и снижают потенциал ее повторного использования. В середине 90-х требуемая пропускная способность межкомпонентных соединений превысила возможности PCI, в результате чего для обеспечения ввода-вывода стали использовать частные решения.

Сначала в 1995 году появился AGP (Accelerated Graphics Port), затем в 1998 году все возрастающие требования к скорости ввода-вывода между процессором и памятью привели к созданию корпорацией Intel ее Hub Architecture. Схожие примеры можно найти и на рынке серверов, коммуникационного оборудования, а также встраиваемых систем.

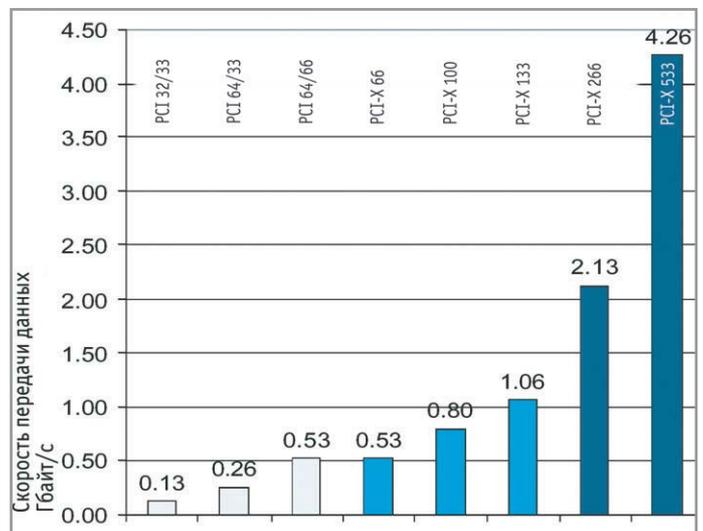
В результате то, что однажды случилось с ISA в 1989 году, теперь повторяется с PCI. Технология параллельной разделяемой шины достигла пределов эффективной масштабируемости. Дальнейшие попытки расширить эти пределы приведут лишь к ощутимому увеличению затрат при незначительном выигрыше в производительности.

PCI: Le Roi Est Mort, Vive Le Roi!

Не все, впрочем, спешат списывать PCI со счетов. В конце концов, новые компьютеры комплектуются слотами PCI, для шины PCI »



▲ Рис. 1. В современном ПК используются несколько локальных шин, к которым предъявляются различные требования

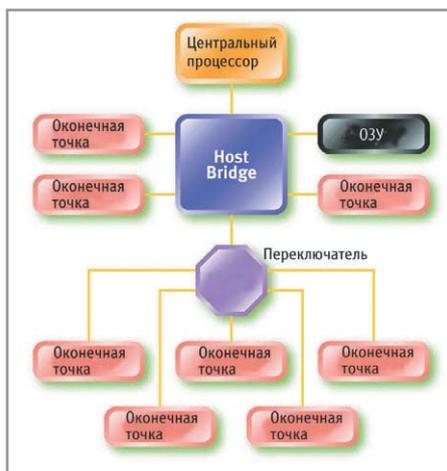


▲ Рис. 2. Распределение пропускной способности среди различных поколений шины PCI

» существуют сотни различных плат расширения, в ее развитие инвестированы значительные средства, а на изучение и освоение разработчиками потрачено много сил и времени. С учетом появления новых обеспечивающих огромную пропускную способность технологий, таких как 10 Gigabit Ethernet и 10 Gigabit Fibre Channel, для значительного большинства потребителей идеальным был бы интерфейс ввода-вывода, позволяющий использовать эти новые технологии, сохраняя обратную совместимость с предшествующими поколениями PCI. Для достижения этих целей такими компаниями, как ServerWorks и бывшая Compaq, предлагается интерфейс PCI-X. Его последняя спецификация, PCI-X 2.0 revision 1.0, была выпущена сравнительно недавно, в апреле 2002 года.

Преимущества PCI-X очевидны: благодаря использованию наработок из исходного интерфейса PCI этот новый интерфейс, с одной стороны, обеспечивает обратную совместимость, преемственность и возможность быстрой миграции, а с другой — привносит новые черты, такие как использование для передачи данных технологий DDR (Double Data Rate) и QDR (Quad Data Rate), позволяющих передавать информацию, соответственно, на удвоенной и учетверенной по отношению к базовой частоте шины.

Для серверов и рабочих станций производительности PCI-X сегодня вполне хватает, и, видимо, ее будет хватать некоторое время в будущем, но, что самое главное, решения на базе PCI-X доступны уже сейчас.



▲ Рис. 3. Топология PCI Express (3GIO)

Таким образом, в тех случаях, когда необходимо обеспечить обратную совместимость с существующими адаптерами и при этом получить значительный выигрыш в пропускной способности, PCI-X является одним из наиболее подходящих вариантов выбора интерфейса периферийной шины.

Интерфейс ввода-вывода 3-го поколения — каким он должен быть

Сегодня программное обеспечение предъявляет все более высокие требования к аппаратным средствам, в частности к подсистеме ввода-вывода. Использование потоков мультимедийных данных из различных видео- и аудиисточников сегодня является обычным делом для настольных и портативных компьютеров, и для обеспечения этих чувствительных к временным задержкам потоков данных нет достаточной поддерж-

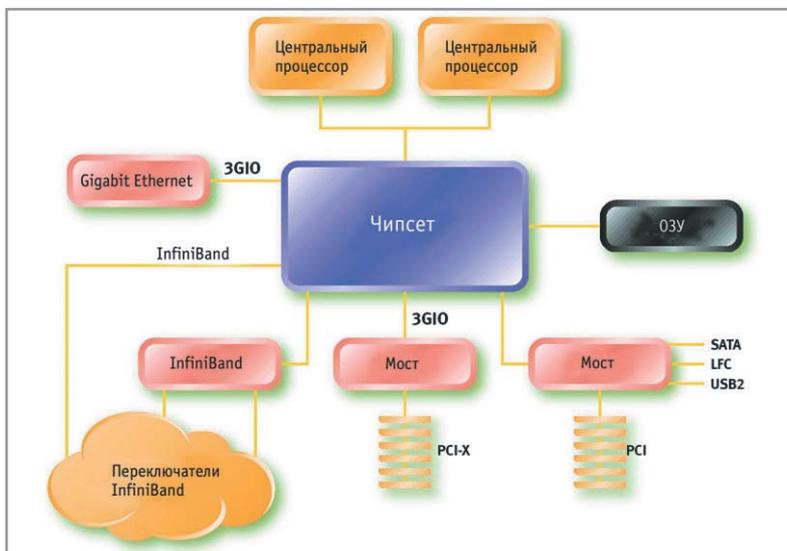
ки ни в спецификациях PCI 2.2, ни в PCI-X. Жесткие требования к производительности серверов предъявляются такими запросами, как видео по требованию (video-on-demand) и предоставление аудиоданных. Что же касается встраиваемых компьютеров, то многие коммуникационные приложения и системы контроля на их базе работают в режиме реального времени.

Сегодня настольный компьютер также должен на все возрастающих скоростях одновременно работать с множеством потоков передачи данных. Уже нельзя позволить себе одинаково подходить к обработке всех данных. К примеру, в первую очередь необходимо обрабатывать потоковые аудио- и видеоданные, поскольку данные реального времени, поступающие не вовремя, так же бесполезны, как если бы они вовсе отсутствовали. Кроме того, данные должны быть маркированы, с тем чтобы система ввода-вывода могла управлять приоритетами своих потоков в рамках данной платформы.

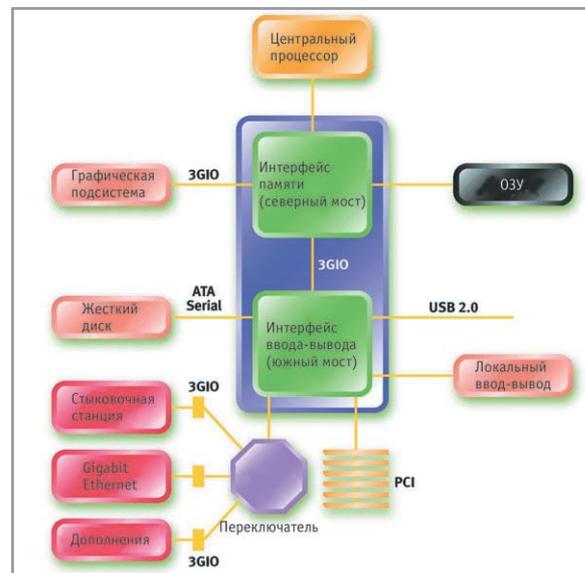
Такие технологии, как Gigabit Ethernet и InfiniBand, требуют значительно более высокой пропускной способности шины ввода-вывода. Однако от шины третьего поколения мы вправе ожидать чего-то большего, чем просто увеличенной пропускной способности (см. блок «Взгляд в будущее»).

PCI Express (3GIO) — новый индустриальный стандарт?

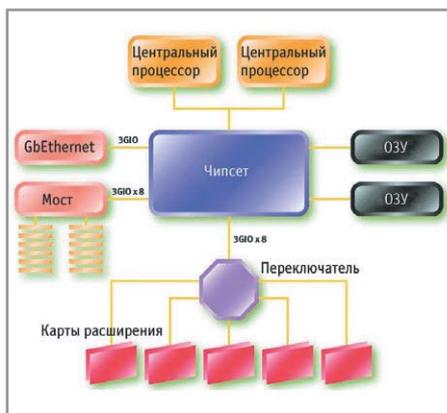
Последние технологические достижения в области создания высокоскоростных соединений «точка-точка» с использованием небольшого числа контактов предоставляют



▲ Рис. 4. Соединение ввода-вывода общего назначения, используемое в настольной/портативной системе образца 2003 года



▲ Рис. 5. Рабочая станция на базе PCI Express



▲ Рис. 6. Сетевая коммуникационная система на базе PCI Express (3GIO)

если он не включает в себя кэшируемых блоков памяти, может проходить, минуя host bridge. Переключатель показан в виде самостоятельного элемента, но на практике он может быть интегрирован в Host Bridge.

Платформы на базе PCI Express

На рис. 4, 5 и 6 показаны типичные платформы 2003 года, использующие PCI Express (3GIO). Множество схожих параллельных шин, используемых в сегодняшних системах, будет заменено соединениями PCI Express с одной или несколькими линиями передачи. Каждое соединение масштабируемо благодаря возможности использования дополнительных линий связи. За счет этого можно увеличить пропускную способность там, где в этом возникнет необходимость, например в графической подсистеме платформы настольного компьютера или для соединения нескольких шин (скажем, PCI Express — PCI-X) в серверных платформах.

Серверной платформе необходимо обеспечение большей производительности ввода-вывода, включая высокоскоростные соединения со слотами PCI-X, Gigabit Ethernet и InfiniBand. На рисунке показано, что PCI Express предоставляет серверам большинство тех же преимуществ, что и настольным платформам. Сочетание использования PCI Express для «внутрисистемных» операций ввода-вывода и InfiniBand для «внебисистемных» и внутрикластерных соединений позволит серверам перейти от «параллельных разделяемых шин» к высокоскоростным последовательным соединениям.

» привлекательную альтернативу традиционному пути экстенсивного увеличения пропускной способности, и именно в этом направлении пошли разработчики шины PCI Express (до последнего времени проект носил название 3GIO). Они представляют собой большую рабочую группу, в которой на сегодняшний день насчитывается более 20 участников а ведущую позицию занимает корпорация Intel. Топология PCI Express состоит из моста (host bridge) и нескольких оконечных точек (устройств ввода-вывода), как показано на рис. 3.

Множественные соединения «точка-точка» требуют использования нового элемента — переключателя — в топологии системы ввода-вывода. Этот переключатель заменяет общую шину и служит для разгрузки шины ввода-вывода. Переключатель может обеспечивать соединения «точка-точка» между оконечными устройствами ввода-вывода, и этот трафик,

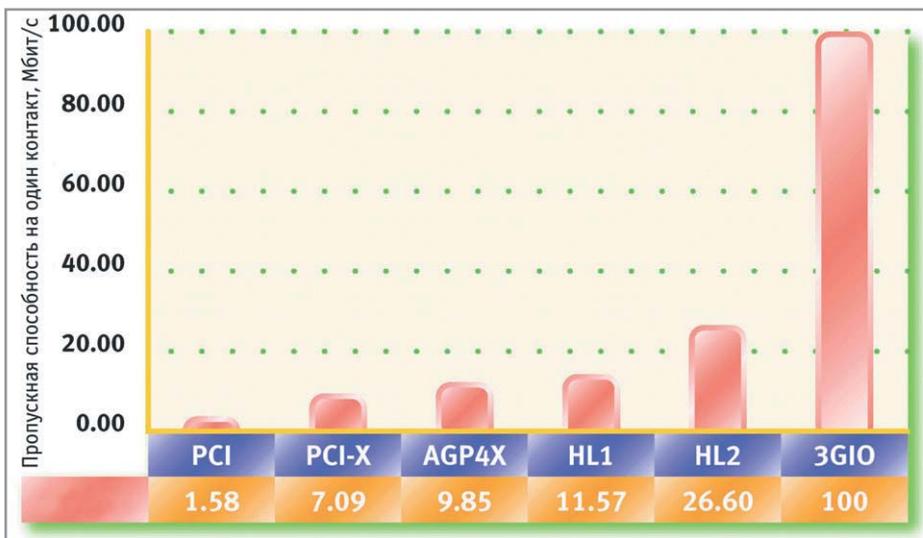


▲ Рис. 7. Уровни архитектуры PCI Express

Требования к IO-интерфейсу

Взгляд в будущее

- ▶ **Поддержка множества различных сегментов рынка и возникающих областей применения.** Унификации архитектуры ввода-вывода для настольных и портативных компьютеров, серверов и рабочих станций, коммуникационного оборудования и встраиваемых устройств.
- ▶ **Низкая стоимость и высокая отдача.** Стоимость на системном уровне не должна превышать стоимости инфраструктуры шины PCI.
- ▶ **PCI-совместимая программная модель.** Необходимо обеспечить возможность загружать имеющиеся операционные системы без каких-либо изменений, а также использовать PCI-совместимые конфигурацию и интерфейс драйверов устройств.
- ▶ **Производительность.** Масштабируемость производительности за счет повышения тактовой частоты и использования дополнительных каналов передачи. Высокая пропускная способность на один контакт подключения; низкие накладные расходы и временные задержки.
- ▶ **Поддержка множества типов подключений.** Обеспечение подключений между отдельными чипами и платами посредством разъемов и стыковочных станций; поддержка новых форм-факторов.
- ▶ **Расширенные возможности.** Исчерпывающий набор типов данных, поддержка управления питанием, а также качества обслуживания (Quality of Service, QoS).
- ▶ **Поддержка горячего подключения устройств и их горячей замены.**
- ▶ **Обеспечение целостности данных и обработка ошибок.** Важной характеристикой интерфейса является возможность исправления искажений в передаваемых данных и уведомление системы о таких искажениях.
- ▶ **Расширяемость.** Обеспечение возможности введения новых спецификаций и характеристик при сохранении преемственности и совместимости с существующим оборудованием и программным обеспечением.
- ▶ **Базовые механизмы поддержки коммуникационных и встраиваемых устройств.**



▲ Рис. 8. Сравнение пропускной способности различных шин ввода-вывода: PCI 32-бита 33 МГц с 84 контактами, PCI-X 64-бита 133 МГц со 150 контактами, AGP 4x 32-бита 4x66 МГц со 108 контактами, Intel Hub Architecture 1 8-бит 4x66 МГц с 23 контактами, Intel Hub Architecture 2 16-бит 8x66 МГц с 40 контактами, PCI Express (3GIO) 8-бит в каждом направлении 2,5 ГГц с 40 контактами

» Сетевая платформа может использовать несколько переключателей с целью увеличения пропускной способности сетевых соединений и для обеспечения должного уровня качества обслуживания (QoS). Эта платформа также выиграет от использования множественных соединений PCI Express, которые могут быть объединены в модульную систему ввода-вывода.

Архитектура PCI Express

Различные уровни, на которые делится архитектура PCI Express, показаны на рис. 7. Совместимость с моделью адресации PCI (архитектура выборки-записи с плоским

адресным пространством) поддерживается для того, чтобы сохранить функциональность всех имеющихся приложений и драйверов. PCI Express использует стандартные механизмы, определенные в спецификации PCI Plug&Play.

Уровень программного обеспечения будет генерировать запросы на чтение и запись, которые с использованием пакетного протокола будут через уровень транзакций передаваться устройствам ввода-вывода. Уровень соединений добавляет к этим пакетам порядковые номера и контрольные суммы для создания высоконадежного механизма передачи данных. Базовый физи-

ческий уровень состоит из канала, реализованного на базе передающей пары и принимающей пары. Исходная скорость в 2,5 Гбит/с в каждом направлении обеспечивает коммуникационный канал с пропускной способностью в 200 Мбайт/с, что почти вдвое превышает скорость передачи данных по обычной шине PCI.

Используемое в PCI Express дифференциальное соединение «точка-точка» обеспечивает высокоскоростное соединение за счет использования лишь нескольких контактов. На рис. 8 показано сравнение пропускной способности на один контакт для различных типов шин. Данные рассчитываются как максимальная пропускная способность, деленная на общее число контактов в компоненте, то есть на сумму линий передачи данных, адреса, управления, питания и заземления.

Архитектура PCI Express отвечает всем требованиям, предъявляемым к интерфейсу ввода-вывода третьего поколения для вычислительных и коммуникационных платформ. Гибкие возможности и масштабируемая производительность позволяют PCI Express стать унифицированным решением для широкого спектра платформ.

Централизация межсерверного ввода-вывода с помощью InfiniBand

Для обеспечения оптимальной производительности в современных серверах подсистема ввода-вывода, обычно базирующаяся на шине PCI, должна быть тесно связана с каждым вычислительным блоком. Архитек-

»



Ключевые особенности RapidIO

Залог успеха шины ввода-вывода будущего поколения

- ▶ **Высокая пропускная способность.** Изначально RapidIO проектировалась с учетом обеспечения пропускной способности в 10 Гбит/с с использованием 8-битных портов ввода-вывода. Благодаря использованию электрического интерфейса LVDS (Low Voltage Differential Signaling) частота работы соединения RapidIO может быть повышена до нескольких ГГц, а разрядность портов ввода-вывода в будущем, вероятно, будет увеличена до 16 бит или более.
- ▶ **Небольшие задержки в передаче данных.** Высокая частота и небольшие накладные расходы на передачу пакетов позволяют

обеспечить куда меньшие временные задержки, чем при использовании архитектур с разделяемой шиной, таких как PCI и PCI-X.

- ▶ **Аппаратная поддержка обработки ошибок.** Использование соединений RapidIO дает возможность исправлять все однобитовые ошибки и большинство ошибок в нескольких битах без какого-либо вмешательства программного обеспечения или аппаратных систем более высокого уровня. Для обеспечения работы высоконадежных систем при обнаружении более серьезных проблем могут генерироваться

уведомления для программного обеспечения с тем, чтобы перенаправить трафик в обход вышедшего из строя устройства.

- ▶ **Поддержка многопроцессорных систем.** Аппаратная поддержка симметричных многопроцессорных систем обеспечивается за счет дополнительных расширений спецификации RapidIO, определяющих работу с распределенной разделяемой памятью. Такая память широко используется в серверах и рабочих станциях, а также становится все более популярной на рынке высокопроизводительных встроенных систем.

» тура InfiniBand, предоставляющая стандартную среду для связи устройств по каналам с очень низкими временными задержками и высокой пропускной способностью, позволяет создавать разделяемую централизованную инфраструктуру ввода-вывода.

InfiniBand против PCI

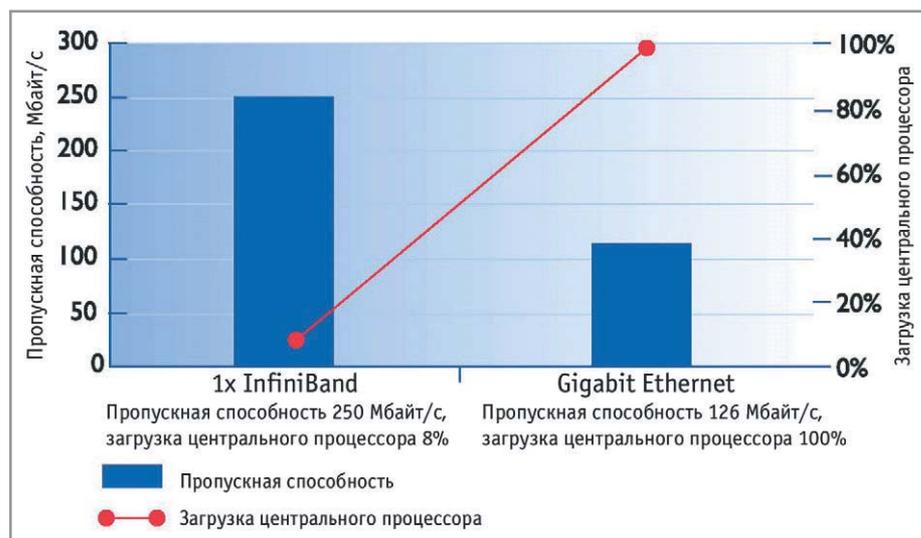
У InfiniBand есть несколько ключевых преимуществ перед PCI. В то время как в случае PCI одним из путей повышения пропускной способности является увеличение количества используемых физических каналов передачи данных (64-битная шина PCI использует, соответственно, 64 канала), в InfiniBand применяется последовательная передача данных с использованием лишь четырех физических каналов. Такая архитектура значительно удешевляет каналы InfiniBand и делает их менее подверженными сбоям.

Разумеется, эти физические каналы должны передавать больше данных, поэтому в InfiniBand используется широкий диапазон частот — примерно так же сосуществуют различные радиостанции. Это означает, что предел пропускной способности каналов InfiniBand определяется шириной спектра частот, которые могут передаваться по проводникам, а не количеством этих проводников. В результате максимальная пропускная способность InfiniBand может достигать 6 Гбайт/с, что существенно выше скорости обычной шины PCI с ее 133 Мбайт/с.

Для адресации устройств InfiniBand используется протокол IP, а расстояния между устройствами могут быть значительно больше, чем в случае шины PCI. С учетом использования в InfiniBand 6-й версии протокола IP это означает, что InfiniBand имеет почти неограниченный потенциал расширения количества устройств, взаимодействующих между собой по этой сети. Такие свойства делают архитектуру InfiniBand очень привлекательной для больших организаций, имеющих сотни серверов и множество центров обработки данных.

Разделяемая подсистема ввода-вывода

Еще одним преимуществом InfiniBand является возможность создания на базе этой архитектуры унифицированной разделяемой подсистемы ввода-вывода. Сегодня существует множество широко распространенных протоколов и топологий создания сетей



▲ Рис. 9. Производительность и эффективность: InfiniBand против Gigabit Ethernet

хранения данных. В их числе — сети хранения данных (Storage Area Network, SAN) на базе Fibre Channel и подключенные к сети ресурсы хранения данных (Network Attached Storage, NAS) на базе Ethernet. В дополнение к этому появляются новые протоколы, такие как ресурсы хранения данных на базе IP и файловые системы с прямым доступом (Direct Access File Systems, DAFS). Сети хранения данных зачастую привязаны к определенному типу серверов, областей применения или к оборудованию определенного производителя. Это порождает множество отдельных «островков» хранения данных, а каждый сервер приходится оборудовать отдельным интерфейсом для доступа к каждой сети хранения данных.

Создание разделяемой подсистемы ввода-вывода позволит подключать серверы к одной общей инфраструктуре ввода-вывода, через которую они уже получают доступ к различным сетевым устройствам и устройствам хранения данных, использующим каналы Fibre Channel, Ethernet или непосредственно InfiniBand. Кроме того, такая разделяемая подсистема ввода-вывода значительно упрощает подключение дополнительных серверов или устройств хранения данных, поскольку для этого нужно лишь создать еще одну общую точку соединения.

В дополнение к обеспечению унифицированной разделяемой подсистемы ввода-вывода немаловажным значением архитектуры InfiniBand является максимизация пропускной способности ввода-вывода: благодаря одновременной обработке нескольких потоков передаваемых данных структуре Infini-

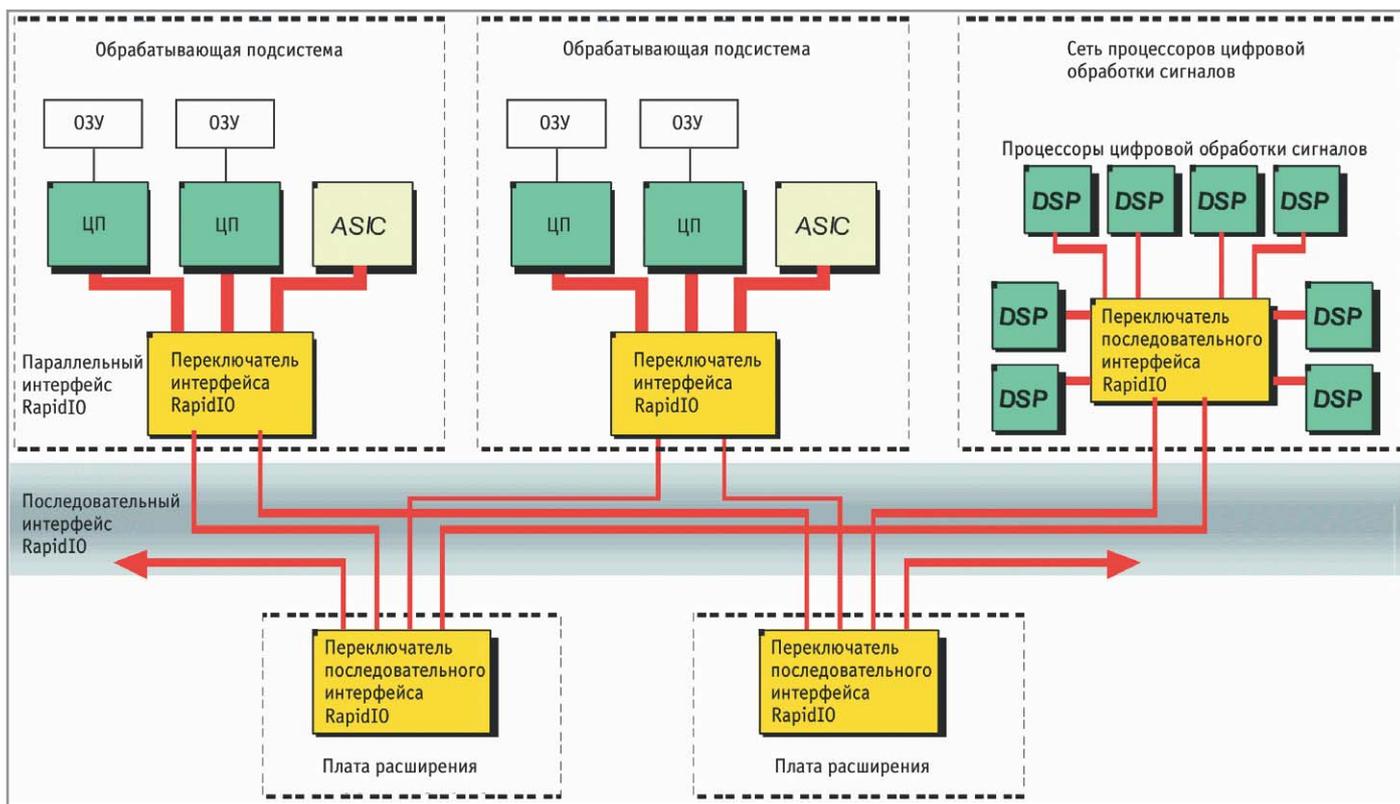
Band удается избежать «узких мест» в обработке ввода-вывода и улучшить общую производительность серверных систем. Это доказывается и недавно проведенными в корпорации Intel тестами производительности, в которых с помощью IOMeter — инструмента для анализа и симуляции нагрузки для отдельных и объединенных в кластеры серверов — было замерено, что VI (Virtual Interface Architecture) на 2,5 Гбит/с канале InfiniBand достигла производительности в 260–270 Мбайт/с — вдвое больше, чем было зарегистрировано при использовании TCP/IP на соединении Gigabit Ethernet (рис. 9).

Помимо возрастания скорости передачи данных, увеличение пропускной способности также высвобождает ценные процессорные ресурсы, которые могут быть использованы для увеличения объема обрабатываемых данных. В тесте Gigabit Ethernet загрузка процессора достигала 100%, а для VI на InfiniBand загрузка процессора достигала 15%.

По прогнозам различных экспертов, архитектура InfiniBand получит широкое распространение к 2004–2005 году. Поскольку учредителями InfiniBand Trading Association (IBTA) являются такие компании, как бывшая Compaq, HP, Dell, IBM, Intel, Microsoft и Sun Microsystems, думается, в очень скором времени InfiniBand станет промышленным стандартом де-факто.

RapidIO — связующая архитектура для сетевых компонентов

Кроме подсистем ПК и центров обработки данных новые технологии обеспечения со- »



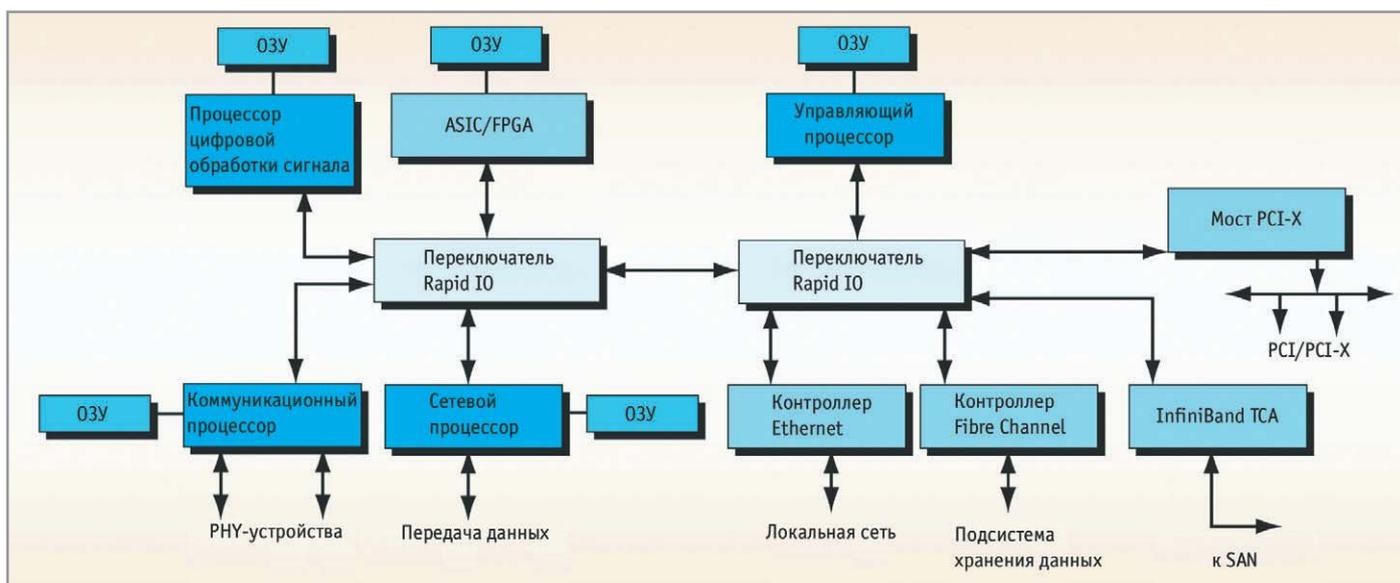
▲ Рис. 10. В обычной системе могут комбинироваться параллельные и последовательные RapidIO-подключения

» единений столь же востребованы в таких областях, как обмен данными между компонентами в сетевом оборудовании, а также, скажем, между процессорами цифровой обработки сигналов или устройствами, связанными через разъемы на интерфейсной панели. Именно на эту область применения ориентирована еще одна перспективная архитектура — RapidIO. Разработка стандартов интерфейса RapidIO ведется в

RapidIO Trading Association, основателями которой стали такие лидеры индустрии сетевого и коммуникационного оборудования, как Alcatel, EMC Corporation, Ericsson, IBM, Mercury Computer Systems, Lucent Technologies и Motorola.

Интерфейс RapidIO предназначен для создания внутрисистемного интерфейса между отдельными чипами на основе пакетной передачи данных, а также между

платами расширения компьютера. Скорость передачи при этом обеспечивается на уровне нескольких Гбит/с. Данная архитектура используется в соединении между собой микропроцессоров, чипов памяти и отображенных на память устройств ввода-вывода, работающих в сетевом оборудовании, подсистемах памяти, а также в компьютерных системах общего назначения. »



▲ Рис. 11. Соединения на базе архитектуры RapidIO могут стыковаться с имеющимися системами и сетями

» «Узким местом» в работе сетевого и коммуникационного оборудования является скорость, с которой взаимодействуют отдельные его компоненты. Использование архитектур с разделяемой шиной, таких как PCI, ограничивает ее на уровне нескольких сотен Мбит/с. Создание соединений с использованием технологии RapidIO позволит значительно увеличить пропускную способность, считающуюся одним из основных факторов, ограничивающих производительность сетевого и коммуникационного оборудования. Это особенно важно в свете того, что, по мнению многих исследователей, ключевым требованием для реализации высокоскоростных интернет-технологий сейчас является не столько увеличение производительности микропроцессоров, сколько увеличение пропускной способности сетевых соединений и компонентов.

Одной из отличительных особенностей RapidIO можно назвать его ориентированность на распределенные системы отображаемых на память устройств. Такие системы состоят из множества независимых устройств, использующих механизм DMA для передачи данных, а согласованность работы обеспечивается посредством передачи сообщений между этими устройствами.

Дополнительная спецификация RapidIO расширяет возможности данного интерфейса до систем с глобально разделяемой распределенной памятью (Globally Shared Distributed Memory, GSM). Такие системы поддерживают согласованность данных, разделяя их между отдельными обрабатываемыми элементами.

Для поддержки более широкого спектра применений в стандарте интерфейса RapidIO предусмотрены два физических интерфейса — параллельный и последовательный. Это позволяет, с одной стороны, обеспечить достаточно высокую пропускную способность и небольшие временные задержки, что особенно важно для высокопроизводительных микропроцессоров, а с другой — предоставить возможность уменьшить число линий, используемых для передачи сигналов, до минимума, если в этом возникает необходимость, как, например, в случае устройств, соединенных через разъемы на интерфейсной панели.

В отличие от других технологий ввода-вывода следующего поколения, использование RapidIO абсолютно прозрачно для при-

ложений и не требует использования в операционных системах специальных драйверов устройств. Кроме того, соединения RapidIO могут стыковаться с другими шинами (к примеру, PCI и PCI-X), а также с сетями на основе InfiniBand.

Пакетная передача данных, используемая в спецификации интерфейса RapidIO, концептуально схожа с протоколом IP, однако архитектура RapidIO разрабатывалась для использования в качестве интерфейса между микропроцессорами и периферийными устройствами, где критичными являются высокая пропускная способность и низкие задержки передачи данных. В связи с этим технология RapidIO предусматривает использование достаточно простой модели доступа к устройствам через чтение и запись блоков памяти, на которую они отображаются. Это позволяет добиться гораздо меньших временных задержек и накладных расходов на транзакции в сравнении с такими технологиями, как InfiniBand и Gigabit Ethernet.

Хочется отметить, что RapidIO не претендует на замену всех ранее рассмотренных интерфейсов, но весьма неплохо дополняет их. Несомненно, RapidIO в скором времени найдет широкое применение в обеспечении соединений различных компонентов сетевого, коммуникационного оборудования и встроенных систем.

Заключение

Хотя шина PCI Express со временем вытеснит PCI, ожидается, что InfiniBand и PCI Express будут сосуществовать. Архитектура InfiniBand предназначена главным образом для связи нескольких компьютеров с помощью разделяемого ввода-вывода на базе надежного механизма пересылки сообщений. В то же время PCI Express ориентирована на обеспечение эффективного с точки зрения затрат надежного масштабируемого ввода-вывода между локальными компонентами компьютера. Кроме того, PCI Express строится на элементной базе и электрических интерфейсах, используемых в InfiniBand, что является ключевым аспектом в обеспечении дальнейшей конвергенции двух этих архитектур в будущем. Архитектура RapidIO позволит в значительной мере унифицировать сопряжение между отдельными чипами и платами и при этом увеличить пропускную способность связывающих их соединений.

■ ■ ■ Денис Патраков



адреса

сервис

компьютеры

мониторы

аксессуары

периферия

ПК

ноутбуки

Ноутбуки

- от ведущих производителей
- любые конфигурации, включая нестандартные
- оптимальные цены
- система скидок

Компьютеры на ладони

- Windows CE (Casio, Compaq, HP)
- Palm OS (Palm, Sony)

Портативная периферия

- портативные принтеры и расходники к ним
- большой выбор LPT, USB и PCMCIA устройств
- устройства хранения и записи информации, различные носители
- цифровые фотокамеры, диктофоны
- дополнительные устройства ввода

Аксессуары

- сумки и чехлы для ноутбуков и ПК
- устройства защиты
- чистящие принадлежности

ЖК мониторы

- компактные мониторы, безвредные для глаз
- Низкие цены

Компьютеры

- компактные настольные компьютеры
- компьютеры все-в-одном

Сервис

- сервисное обслуживание и ремонт любых ноутбуков
- модернизация и замена комплектующих
- установка и тестирование оборудования при покупке

адреса салонов в Москве

салон на **Садовом**

«Тургеневская» Тел.: 207-1555
Уланский пер. д.21, стр.1

Садовая-Спасская ул.

салон на **Первомайской**

«Первомайская» Тел.: 165-5374
Первомайская ул. д.53/20

Первомайская ул.

салон в КЦ **«Буденовский»**

«Шоссе Энтузиастов» Тел.: 788-1541
Буденного пр-т д.53, стр.2, пав.Е6Ж6

пр-т Буденного

салон в **Кузьминках**

«Кузьминки» Тел.: 177-4077
Волгоградский пр-т д.111

Волгоградский пр-т

сервисный центр: Тел.: 177-6000

партнеры в других городах России

Н.Новгород (8312) 34-3635	Ярославль (0852) 45-1413
Уфа (3472) 280-290	Новороссийск (8617) 25-2929
Архангельск (8182) 64-6464	Сочи (8622) 62-3422

Корпоративная дисконтная система
Обмен старых моделей на новые, прием их на комиссию и распродажа