

Jet

INFO

**МАТЕРИАЛ
НОМЕРА**

**UltraComputing -
технология
сетевой эры**

**7
1995**

А ТАКЖЕ:

- **НОВОСТИ INTERNET**
- **ИНТЕРВЬЮ ПРЕЗИДЕНТА
SUN MICROSYSTEMS
COMPUTER COMPANY**





Ведущий рубрики — Александр Гагин

И СНОВА СОРЕВНУЮТСЯ АППЛЕТЫ

Компания Sun Microsystems Inc. объявила международный конкурс "Java Cup International" на лучший апплет на языке Java. Другие организаторы конкурса — компании Netscape, Oracle и SunSoft. Конкурс проводится по шести номинациям: офисные приложения, программы для Internet/WWW, образовательные приложения, средства разработки, игры и развлечения, а также все остальное.

В каждой номинации будет определяться один групповой победитель и два индивидуальных. Кроме того, будет присужден один гран-при. Общая сумма призов составит один миллион американских долларов техникой и программами Sun (основная платформа — Ultra 1 Creator).

В конкурсе могут участвовать совершеннолетние граждане из многих стран,

включая Россию (но не включая другие страны СНГ). Могут регистрироваться индивидуальные участники и/или группы. Корпоративные участники, равно как и сотрудники компаний Sun, Netscape, Oracle и непосредственно связанные с ними лица, к конкурсу не допускаются.

Регистрация начинается 15 декабря 1995 года и заканчивается 1 марта 1996 года. Первая тысяча зарегистрировавшихся получит кружки с символикой Java.

Апплеты принимаются с 8 января по 31 марта и авторы первой тысячи из них получают майки с символикой Java. Каждый участник может получить только один приз. Победители будут объявлены в мае 1996.

В апплетах не должно использоваться шифрование.

Более подробную информацию об условиях конкурса можно найти по адресу <http://javacontest.sun.com>.

И ТЫ, BORLAND...

Язык программирования Java, разработанный специалистами компании Sun Microsystems Inc., привлекает всеобщее внимание. Все новые участники включаются в гонку Java-продуктов. Как заявили представители компании Borland International Inc., уже в первой половине 1996 года они начнут поставлять коммерческую вер-

сию графической среды для быстрой разработки Java-приложений. Рабочее название проекта — Latte. Сама среда реализуется также на языке Java.

Учитывая всенародную любовь к продуктам компании Borland, можно предположить, что у языка Java отличные перспективы в нашей стране.

БЫВАЮТ ЖЕ СОВПАДЕНИЯ!

День 7 ноября, когда было официально объявлено о появлении семейства компьютеров Ultra, оказался вдвойне знаменательным для президента компании Sun Microsystems Inc. Скотта МакНили — у него родился сын. Малыш появился на свет несколько раньше запланированного сро-

ка, но с превосходными параметрами. Назвали его Мавериком.

Счастливым отец сказал, что хотел бы воспитать у сына бойцовский характер, характер победителя. Что ж, мальчику будет с кого брать пример.

НАДО БЫТЬ ПРОЩЕ

Трехмерная виртуальная реальность традиционно трудна для реализации. Пока компьютеры не в состоянии обновлять изображение с достаточной скоростью. Из-за этого многих от виртуальной реальности буквально тошнит.

Президент компании Sun Microsystems Inc. Скотт МакНили выдал по этому поводу совет в своей манере: "Высуньте голову из компьютера, если вам нужна трехмерность — она вокруг вас."

МАТЕРИАЛ НОМЕРА



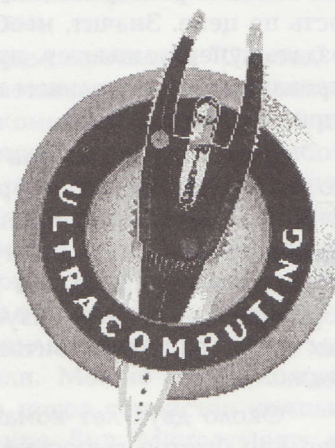
Владимир Галатенко

UltraComputing — технология сетевой эры

(по материалам компании Sun Microsystems)

Содержание

1. Введение
2. История проекта
3. Архитектура Ultra-компьютеров
4. Микропроцессоры UltraSPARC
5. Графическая подсистема Creator
6. Компьютеры семейств Ultra 1 и Ultra 2
7. Solaris 2.5 — программный двигатель для Ultra-машин
8. Заключение



1. Введение

7 ноября 1995 года компания Sun Microsystems объявила о выпуске нового семейства компьютеров — Ultra. Как всегда, событие подобного масштаба сопровождается реками шампанского и многочисленными рекламными заявлениями. Думается, однако, что тысячи нынешних и будущих пользователей Sun-систем в первую очередь интересуют техническая сторона дела. Какими характеристиками обладают новые компьютеры? Для каких областей применения они предназначены? Насколько перспективны заложенные в них идеи? Стабильно ли работают новые системы и можно ли положиться на них уже сейчас? Сохранена ли преемственность по отношению к созданным ранее аппаратным и программным продуктам? В своей статье мы попытаемся ответить на эти и некоторые другие вопросы.

2. История проекта

Чтобы правильно оценить настоящее и предсказать будущее, необходимо сначала обратиться к прошлому.

В 1991 году компанией Sun Microsystems был учрежден проект, по-

лучивший название "Синтез" (Fusion). Его целью стала разработка перспективных рабочих станций конца текущего и начала следующего тысячелетия.

Прежде всего, предстояло сформулировать основные идеи проекта. Естественно, новые компьютеры должны, по сравнению со старыми, обладать существенно большей производительностью. Но как трактовать само понятие производительности? Является ли целью максимально быстрое перемалывание целых и/или вещественных чисел, наибольшее число исполняемых за секунду транзакций или быстрее прорисовка графических примитивов?

Было принято на первый взгляд очевидное, но по сути очень трудное и ответственное решение. Целью стало максимально быстрое выполнение приложений, то есть во главу угла была поставлена интегральная производительность системы на реальных пользовательских задачах. Но кто они, нынешние и будущие пользователи? Каковы их текущие и перспективные запросы? Какие приложения будут доминировать во второй половине 1990-х годов?

Когда команда "Синтез" начинала работу, основными областями примене-

ния SPARC-станций были автоматизация проектирования, вычислительные эксперименты, разработка программного обеспечения. Они требовали вычислительной мощности, быстрого ввода/вывода и развитых графических возможностей. Затем началось быстрое внедрение SPARC-компьютеров в финансовую сферу. Для новой многочисленной категории пользователей были важны не только перечисленные выше характеристики, но и доступность по цене. Значит, необходимо было создать суперкомпьютер, причем сбалансированный, в настольном исполнении и с приемлемой ценой.

Итак, с самого начала было решено, что для будущего компьютера необходима не только мощь микропроцессора, но и сбалансированность архитектуры. Ни дисковый ввод/вывод, ни доступ к информации по сети, ни визуализация данных не должны становиться узким местом.

Около двух лет команда "Синтез", довольно быстро выросшая до 800 человек, прорабатывала различные варианты системной архитектуры. Было ясно, что шина MBus не годится в качестве связующего звена — не хватит пропускной способности. Было предложено решение, получившее название UPA (Ultra Port Architecture), основанное на коммутации пакетов. Ранее подобные коммутаторы использовались исключительно в суперкомпьютерах.

Двухлетний период выработки спецификаций — явление весьма примечательное. Такое может позволить себе только компания, крепко стоящая на ногах и строящая долгосрочную стратегию. Вызывает уважение дальновидность руководства, выделяющего значительные средства не только на проектирование микросхем, но и на предварительную проработку.

В 1993 году проект перешел в стадию реализации. Вероятно, главная трудность состояла в том, что одна универсальная архитектура должна обслуживать нужды разных приложений. Особенно велик разброс требований к графической подсистеме. Прорисовка двумерных растровых образов или трехмерных твердых тел, компрессия/декомпрессия видео-изображений в реальном времени — все это

вещи существенно разные. Единственный известный на сегодняшний день подход, позволяющий строить эффективные архитектуры, обладающие к тому же значительными возможностями для дальнейшего развития, — это RISC-технология. Было выделено около 30 примитивов, важных для разных графических операций. Затем эти примитивы реализовали в микропроцессоре UltraSPARC, что увеличило площадь кристалла лишь на 3%.

Там, где участники проекта "Синтез" не могли найти решения в пределах собственной компании, они прибегали к помощи других признанных лидеров. Так, новая реализация видео-памяти (так называемая 3D-RAM) — совместный продукт компаний Sun Microsystems и Mitsubishi Electronics. Результат — соединение лучших свойств статической и динамической памяти, что позволило на порядок повысить быстродействие видео-памяти и резко снизить ее стоимость.

Многие заказные микросхемы, спроектированные в рамках "Синтеза", имеют большое количество выходных контактов (порядка пятисот). Как конструировать корпуса для них? Если по традиции располагать контакты по периметру, потребуется дополнительная площадь на системной плате. В принципе известна и другая конструкция корпусов, когда контакты располагаются в виде сетки на нижней поверхности (это называется Ball Grid Array, BGA), но ранее ее применяли довольно редко. Специалисты Sun Microsystems около двух лет проверяли новую конструкцию, предварительно изготовив специальное тестовое оборудование. Результаты испытаний оказались самыми положительными — корпуса получились надежными, занимали меньшую площадь и лучше отводили тепло.

Фундаментальность подхода, тщательность проработки всех решений — характерная черта проекта "Синтез". Например, моделирование создаваемой аппаратуры было выполнено настолько безупречно, а отладка операционной системы произведена столь полно, что после получения первого экземпляра системной платы со всеми необходимыми компонентами, Solaris 2.5 удалось загрузить в многопользовательском режиме в течение одних суток.

Важнейшим требованием, сформулированным в самом начале проекта, было обеспечение совместимости с существующими аппаратными и программными продуктами. Пока проект "Синтез" развивался, таких продуктов для платформы SPARC/Solaris было создано около 10 тысяч. Не может быть и речи о том, чтобы отбросить накопленное богатство и заставить пользователей "начать новую жизнь". Время кавалерийских наскоков в информационных технологиях прошло. Сейчас микропроцессоры с "абсолютно новой, революционной" системой команд обречены на долгий период освоения с неясными перспективами.

Приведем еще один пример сочетания новаторства с преемственностью. Позиции компании Sun Microsystems в области сетевых технологий всегда были особенно сильны. Соответственно, новые Ultra-системы изначально предназначались для работы в скоростной локальной сети. В проекте "Синтез" была сделана ставка на 100-мегабитный Ethernet как стандартную черту новых компьютеров. Новые адаптеры позволяют использовать существующее кабельное хозяйство и, кроме того, являясь двухскоростными (10/100 мегабит) с автоматическим определением характеристик сети, настраиваются на текущее окружение.

Колоссальная подготовительная работа участников проекта "Синтез" сделала бета-тестирование новых систем довольно будничным. Участники тестирования получали пробные экземпляры Ultra-станций с операционной системой Solaris 2.5, включали их, запускали свои приложения и... все работало. Только как минимум в 2-3 раза быстрее, чем на самых быстрых моделях SPARCstation-20. Иног-

да выигрыш доходил до 6-10 раз. Без всякой перекомпиляции или пересборки. Таким образом, Ultra-станции и Solaris 2.5 даже на фазе бета-тестирования не были сырыми продуктами. В рамках проекта "Синтез" удалось достичь всех поставленных целей — создать высокопроизводительную, сбалансированную, надежную систему, сохраняющую накопленное богатство приложений и предоставляющую средства для разработки принципиально новых продуктов.

Управление проектом "Синтез" и работа его участников — предмет законной гордости компании Sun Microsystems. Была обеспечена согласованная работа восьмисот человек, причем работа с энтузиазмом, с полной самоотдачей. Это свидетельствует как о зрелости компании и уровне ее руководства, так и о том, что изначально были поставлены высокие и, в то же время, правильные с технической точки зрения цели. Можно предположить, что, выпустив новое семейство компьютеров, компания Sun Microsystems не только установила новые стандарты на настольные рабочие станции на ближайшие 5-7 лет, но и сделала очень важный шаг в собственном развитии.

3. Архитектура Ultra-компьютеров

В общем виде внутренняя архитектура новых Ultra-станций компании Sun Microsystems представлена на рис. 1.

Связующим звеном, основой сбалансированности компьютеров семейства Ultra является высокоскоростной пакетный коммутатор UPA (Ultra Port Architecture). На UPA-коммутаторе расположены порты для подключения компо-

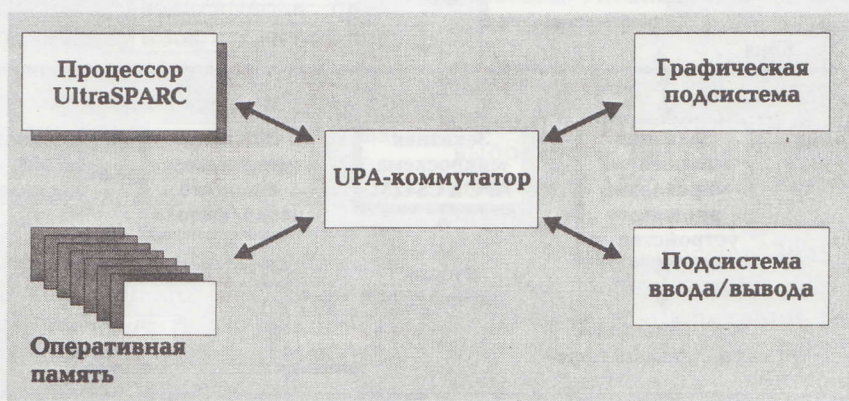


Рис. 1. Общая архитектура Ultra-компьютеров.

нентов Ultra-систем — процессоров (их может быть несколько), оперативной памяти, графической подсистемы Creator, подсистемы ввода/вывода. Каждый порт имеет свою ширину канала передачи данных, наилучшим образом отвечающую специфике подключаемого устройства. Впечатляет производительность UPA-коммутатора — пиковая 1.3 Гб/сек и эффективная 1.2 Гб/сек! (Соответствующие показатели шины MBus — 400 и 200 Мб/сек.)

Почему в Ultra-системах пришлось отказаться от обычной шинной архитектуры? Главным образом потому, что стала неприемлемой схема с коммутацией соединений и захватом шины на относительно долгие (по процессорным меркам) промежутки времени, когда передача большого блока данных могла затормозить работу многих устройств. Пакетный коммутатор обладает большей гибкостью и задержки при передаче данных сводятся к минимуму.

В UPA-архитектуре сразу несколько устройств могут одновременно передавать данные. Это важно, и вот почему. В современных системах единственным способом кардинально поднять пропускную способность внутрисистемных каналов передачи данных является распараллеливание информационных потоков.

UPA-архитектура решает эту проблему, причем за разумную цену.

Второе достоинство UPA-коммутатора по сравнению с традиционной шиной — сокращение длины трактов данных и, как следствие, возможность повысить на них тактовую частоту (сравните 83 МГц у UPA-коммутатора и 50 МГц у шины MBus).

Более детально архитектура Ultra-станций изображена на рис.2.

Оптимизация почти никогда не дается даром. Вот и UPA-коммутатор представляет собой весьма сложное устройство, включающее системный контроллер Ultra-портов (SC_UP), а также микросхемы коммутации (Buffered Memory Crossbar, BMX), сглаживающие различия в разрядности портов процессора, памяти и других элементов компьютерной системы.

В последующих разделах будут приведены дополнительные соображения, показывающие критическую важность быстрой передачи информации между функциональными компонентами Ultra-компьютеров.

Рассмотрим детальнее организацию портов UPA-коммутатора. Стандартный пакет, передаваемый через коммутатор, включает "содержательные" биты инфор-

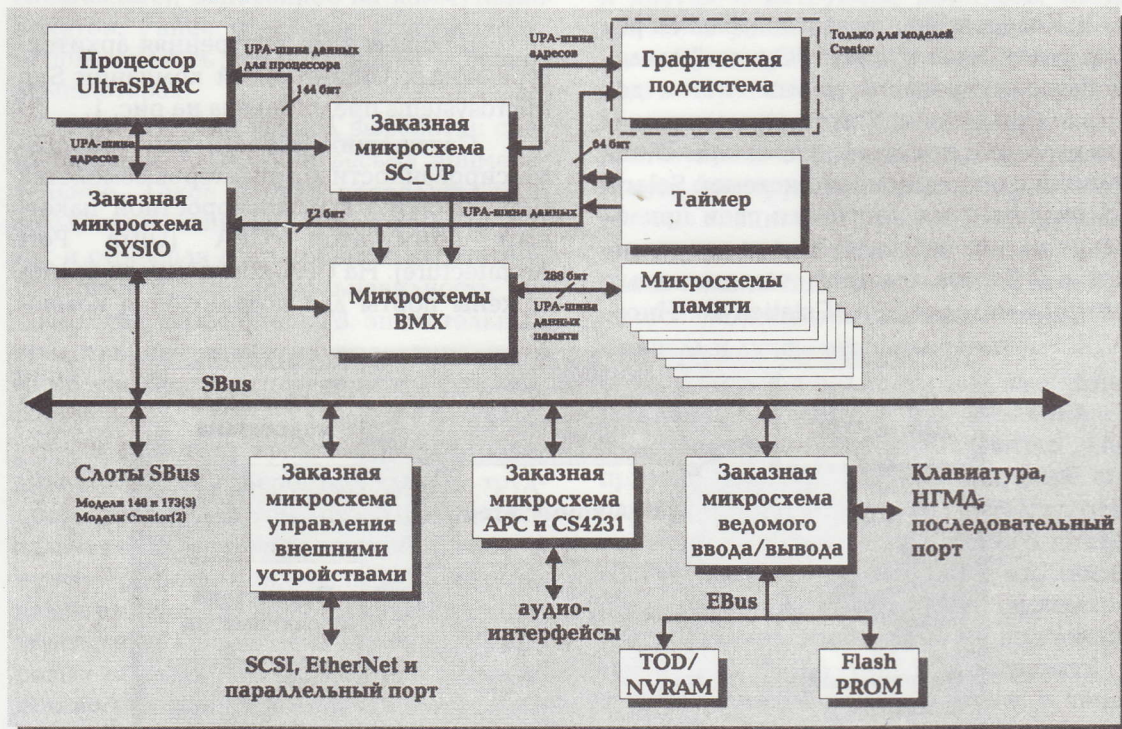


Рис. 2. Архитектура Ultra-компьютеров.

мации (их число должно быть кратно 64) и несколько дополнительных бит, служащих для контроля четности или коррекции ошибок (для суперкомпьютерных скоростей подобный контроль необходим). Соответственно, по процессорному интерфейсу может одновременно передаваться 128 бит полезной информации и 16 контрольных разрядов. Еще шире интерфейс с памятью — 288 бит на младших моделях Ultra-компьютеров (256 + 32) и 576 на старших. Это позволяет организовывать быстрый массовый обмен с оперативной памятью, что особенно важно не только для процессора, но и для графической подсистемы. Гарантированная скорость передачи данных между процессором и оперативной памятью — 600 Мб/сек, а между графической подсистемой и памятью — 300 Мб/сек для младших моделей и 600 Мб/сек для старших.

Отметим попутно, что для современных систем едва ли имеет смысл делать особый акцент на 64-разрядной архитектуре. Элементы 64-разрядности существуют давно и у многих. Самые современные архитектуры, такие как Ultra, идут гораздо дальше, включая 128-, 256- и даже 512-битные элементы.

Оперативная память строится на той же элементной базе, что и у SPARCstation 20. Это 5-вольтовые SIMM'ы с временем доступа 60 нс. Поддерживаются 16-, 32- и 64-Мб SIMM'ы в количестве не более 8 (для станций Ultra 1). Соответственно, максимально возможный объем оперативной памяти — 512 Мб. Когда станут доступными 128-Мб компоненты (они тоже поддерживаются Ultra-архитектурой), оперативную память можно будет довести до 1 Гб.

Подсистема ввода/вывода представляет собой шину SBus, к которой подключены соответствующие контроллеры. На стыке SBus и UPA-коммутатора располагаются так называемые сглаживающие буфера, поддерживающие до 16 потоков передачи данных между периферийными устройствами и UPA-коммутатором. Сглаживающие буфера нужны для того, чтобы, в целях повышения производительности, обеспечить информационный обмен между периферией и оперативной памятью порциями по 64 байта. (Это естественная единица обмена с опе-

ративной памятью в Ultra-системе. Когда делается попытка записать в память меньшее количество байт, сначала производится считывание 64-байтного фрагмента, затем в него помещается новая информация, после чего фрагмент возвращается на место. Разумеется, такая "частичная" запись выполняется значительно дольше полной.) Если устройство читает или пишет порцию данных меньшего размера, буфера обеспечивают промежуточное хранение. Кроме того, буфера осуществляют предварительную выборку следующей 64-байтной порции. В результате устройства "не дергают память по мелочам".

Естественно, решения, подобные сглаживающим буферам, требуют обеспечения согласованности кэшей. Эту функцию выполняет системный контроллер UPA-коммутатора (SC_UP).

Стандартными компонентами всех моделей Ultra-компьютеров, кроме самых младших, являются контроллеры Fast/Wide SCSI-2 и 10/100 Base-T Ethernet. Первый обеспечивает скорость обмена с диском до 20 Мб/сек, второй делает реальным разделение в рамках локальной сети информации по существу любой природы. В свободные SBus-слоты могут быть установлены контроллеры FDDI, ATM и т.д. Это — еще одно свидетельство продуманности и сбалансированности Ultra-архитектуры, признак того, что UltraComputing — действительно технология сетевой эры.

4. Микропроцессоры UltraSPARC

Напомним, что аббревиатура SPARC расшифровывается как Scalable Processor ARChitecture — масштабируемая архитектура процессоров. Время, прошедшее с момента выпуска SPARCstation-1 (1989 г.) полностью подтвердило правомерность и названия, и выбранного подхода. Процессоры семейства SPARC обеспечивают 100% совместимость снизу вверх.

Микропроцессор UltraSPARC-I реализован в соответствии с 64-разрядной версией 9 спецификаций SPARC. Как старший член семейства, UltraSPARC способен выполнять команды, сгенерированные для других, уже довольно

многочисленных (их более 20), разновидностей SPARC-процессоров. Это — основа сохранения богатства приложений, накопленных для платформы SPARC/Solaris.

Выполнен UltraSPARC-I по 0.5-микронной четырехслойной КМОП-технологии. Его рабочее напряжение — 3.3 вольта.

Микропроцессор UltraSPARC-I имеет суперскалярную архитектуру. За один такт могут выбираться для выполнения 4 команды, даже если среди них встречаются условные переходы, а некоторые операнды отсутствуют в кэше процессора. В настоящее время имеются версии микропроцессора с тактовыми частотами 143 МГц и 167 МГц; в ближайшее время ожидается появление варианта на 200 МГц. UltraSPARC-I может использоваться как в однопроцессорном, так и в многопроцессорном вариантах (пока объявлены только двухпроцессорные конфигурации).

Принципиально новая черта процессоров UltraSPARC — наличие группы команд для обработки графической информации (Visual Instruction Set — VIS). Тем самым обеспечивается эффективная прорисовка двумерных и трехмерных сцен, выполнение в реальном времени компрессии/декомпрессии видео-информации в соответствии с рекомендациями H.261 и MPEG-2. Последнее обстоятельство позволяет чисто программно, без привлечения дополнительного оборудования, реализовывать на Ultra-компьютерах высококачественные системы видео-конференций. (Вспомним 100-мегабитный

Ethernet и еще раз отметим сбалансированность Ultra-архитектуры!)

Суперскалярность, помимо возможности запуска за один такт четырех команд, поддерживается также девятью независимыми конвейерными устройствами, среди которых 4 целочисленных, три плавающих и два графических. Одновременно в UltraSPARC'e может находиться на исполнении до 40 команд.

На рис. 3 показаны функциональные блоки микропроцессора UltraSPARC-I, состоящего из следующих элементов:

- Устройство предварительной выборки, предсказания переходов и диспетчеризации команд.
- Кэши команд и данных.
- Устройство управления памятью (Memory Management Unit, MMU).
- Устройство выполнения команд целочисленной арифметики, включающее в себя два одноктактных арифметико-логических устройства (АЛУ), умножитель и делитель.
- Устройство чтения/записи с отдельным сумматором для вычисления адресов.
- Буфер чтения/записи, "питающий" данными конвейер команд.
- Устройство выполнения команд вещественной арифметики, состоящее из сумматора, умножителя и делителя (выполняющего также извлечение квадратного корня).
- Устройство выполнения графических команд с двумя независимыми конвейерами.

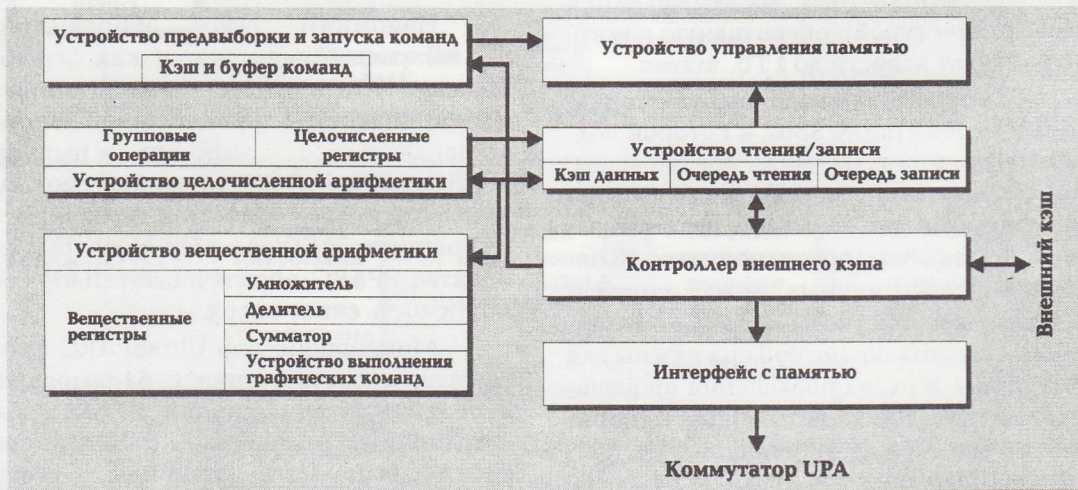


Рис. 3. Функциональные блоки микропроцессора UltraSPARC-I.

- Контроллер внешнего (вторичного) кэша.
- Устройство, ведающее взаимодействием с оперативной памятью и устройствами ввода/вывода.

Опишем некоторые элементы процессора UltraSPARC-I более детально.

Устройство предварительной выборки и запуска позволяет каждый такт предоставлять для выполнения по 4 команды. Это устройство работает со всей иерархией памяти — внутренним и внешним кэшем, а также с оперативной памятью. Подготовленные для выполнения команды хранятся в буфере, рассчитанном на 12 элементов. Предсказание условных переходов основано на запоминании их истории (для этого отводится два бита). Согласно данным Sun Microsystems, условные переходы, основанные на результате сравнения вещественных чисел, правильно предсказываются примерно в 94% случаев. Для целочисленной арифметики этот показатель несколько ниже — около 88%.

Кэш команд и кэш данных имеют размер в 16 Кб.

Вторичный кэш может иметь размер от 512 Кб до 4 Мб. За один такт можно запустить один запрос на извлечение 16 байт команд или данных. Эти запросы конвейеризуются, выполнение каждого занимает три такта.

Устройство управления памятью выполняет отображение 44-разрядных виртуальных адресов на 41-разрядные физические. Для этого используются две ассоциативные таблицы по 64 элемента каждая. Одна вычисляет адреса команд, другая — адреса данных. Аппаратура позволяет определять программную реакцию на отсутствие в таблице нужного элемента. Отдельный набор глобальных регистров доступен для обработки исключительных ситуаций в MMU. Поддерживаются размеры страниц 8 Кб, 64 Кб, 512 Кб и 4 Мб.

Устройство целочисленной арифметики, помимо перечисленных выше четырех подустройств, содержит восемь регистровых окон и четыре набора глобальных регистров: обычные, альтернативные, регистры MMU и регистры прерываний. Из каждого окна доступны 24 локальных регистра и 8 обычных гло-

бальных. Регистры, использующиеся при обработке исключительных ситуаций (UltraSPARC-I поддерживает пять уровней таких ситуаций), также входят в состав устройства целочисленной арифметики. Наличие нескольких регистровых окон дает возможность операционной системе предоставить пользовательским процессам разные окна и тем самым значительно ускорить переключение между процессами. Аналогично, восемь альтернативных регистров — это ресурс, который можно использовать сразу после входа в прерывание, что способно значительно уменьшить время обработки прерываний. Отметим также возможность управления порядком следования байт в слове — от старшего к младшему или наоборот.

Разделение подустройств в устройстве вещественной арифметики позволяет в одном такте начинать выполнение двух "плавающих" команд. Операнды этих команд должны находиться в регистрах (их 32), способных хранить числа одинарной или двойной точности. Выполнение большинства команд конвейеризуется и занимает три такта независимо от разрядности операндов. Исключение составляют деление и извлечение квадратного корня, требующие 12 тактов для операции одинарной точности и 22 такта для двойной точности. Впрочем, работу других устройств эти команды не тормозят.

Устройство выполнения графических команд на самом деле имеет более широкую ориентацию и предназначено для обработки блоков информации. Как таковое оно может использоваться, помимо графики, для эффективной реализации криптографических алгоритмов. Отметим, что графические команды активно используют регистры вещественной арифметики, что подтверждает разумность реализации этих команд в рамках центрального процессора.

При частоте 167 МГц процессор UltraSPARC-I обеспечивает быстродействие 252 единиц SPECint92 и 351 единиц SPECfp92. Это весьма высокие, хотя и не рекордные, показатели. Конфигурация с двумя 200 МГц-процессорами, реализованная в станциях Ultra 2, достигает показателей 332 единиц SPECint92 и 505 единиц SPECfp92. Это уже очень много. Осо-

бо отметим чрезвычайно высокую производительность процессора UltraSPARC на вещественной арифметике, которая важна и для "перемалывания" чисел, и для обработки графической и видео-информации.

Подчеркнем, однако, что дело не только в этих числах. Тесты, даже синтетические, не способны адекватно отразить прикладную пользовательскую среду. Чем измерить графическую производительность UltraSPARC'a? Как оценить в числах способность системы своевременно доставлять по сети всю необходимую информацию? Ultra-системы создавались не ради побития рекордов, а для предоставления пользователям сбалансированных систем нового уровня за приемлемую цену.

5. Графическая подсистема Creator

Машинная графика сейчас важна буквально для всех пользователей, а не только для тех, кто занимается задачами автоматизации проектирования или анализа медицинских изображений. Например, настольные видео-конференции, несомненно, станут стандартным компонентом деловой жизни большинства специалистов. Компания Sun Microsystems одной из первых распознала эту тенденцию, предложив полномасштабное и практичное решение — графическую подсистему Creator.

Графическая подсистема Creator — не только одна из важнейших но и, одновременно, одна из самых новаторских и удачных среди компонентов Ultra-компьютеров. Она состоит из следующих основных частей:

- Блока команд для обработки графической информации (Visual Instruction Set, VIS), располагающегося на процессоре.
- Заказной микросхемы графического контроллера с быстродействием более 2 миллиардов операций в секунду.
- Видео-памяти с совершенно новой структурой, получившей название 3D-RAM и явившейся результатом совместной разработки компаний Sun Microsystems и Mitsubishi Electronics.

- Цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) с таблицей цветов (RAM-DAC) для вывода изображений в RGB-представлении и в телевизионных стандартах NTSC/PAL.

Три последних компонента располагаются на одной плате с UPA-интерфейсом, что обеспечивает высокую скорость обмена с процессором и оперативной памятью.

Отличительные черты Creator Graphics, помимо высокой производительности, состоят в поддержке таких возможностей, как рисование в окнах, программная обработка видео-информации без привлечения дополнительной аппаратуры, прорисовка 2- и 3-мерных "проволочных" и растровых изображений.

Более точно, стандартными для Creator Graphics являются следующие возможности:

- 24 бита на пиксел (true color).
- Поддержка 8-битных наложенных изображений.
- Разрешение 1280 на 1024.
- Скорость вывода изображений: прорисовка в секунду 2.4 миллиона трехмерных векторов, 786 тысяч треугольников.
- Возможность одновременного вывода 8- и 24-битных изображений.
- Воспроизведение MPEG-2-информации с частотой не менее 30 кадров в секунду и разрешением 720 на 480.

Графическая подсистема Ultra-компьютеров выпускается в двух модификациях — Creator и Creator3D (последняя является более мощной). Отличия между этими модификациями будут описаны далее.

Остановимся сначала на наборе графических команд центрального процессора. В этот набор входят операции с 8-, 16- и 32-разрядными целыми числами, одноктактные команды вычисления расстояния между пикселями, команды упаковки и слияния данных.

Обычно каждый пиксел представляет собой 4-байтный элемент данных. 3 байта хранят интенсивности основных цветов (красного, зеленого, синего), четвертый используется для цвета наложенного изображения. Иногда биты, состав-

ляющие пиксели, удобнее трактовать как элементы соответственных графических плоскостей (то есть считать, что все первые биты пикселей составляют первую плоскость, все вторые — вторую и т.д.) и обрабатывать графическую информацию по плоскостям, а не по пикселям. В таком случае можно сказать, что система Creator поддерживает 32 графические плоскости. Для работы с разрешением более высоким, чем стандартное, пиксели можно сделать 16-разрядными.

UltraSPARC-I поддерживает также операции фильтрации, позволяющие на порядок ускорить масштабирование, поворот и сглаживание изображений. В таких операциях одновременно обрабатывается 4 пиксела.

При выполнении операций оценки смещения пикселей при переходе к следующему кадру (важных для сжатия видео-изображений) за один такт обрабатывается по 8 пикселей. Это, конечно, гораздо эффективнее реализации на традиционном процессоре, когда требуется по крайней мере 48 команд (по 6 команд на пиксел).

Команды пересылки 64-байтных блоков (не опустошающие вторичный кэш) позволяют быстро прорисовывать образы, хранящиеся в оперативной памяти.

Реализация начальных звеньев графического конвейера на универсальном микропроцессоре, ставшая возможной только в самое последнее время, имеет целый ряд достоинств. Для нужд графики используется то, что и так должно присутствовать в процессоре — быстрый доступ к памяти, кэширование данных, целочисленные и плавающие регистры. При подобном подходе графическая мощь масштабируется вместе с увеличением производительности процессоров (повышением их тактовой частоты, созданием многопроцессорных конфигураций). Далее, поскольку создание многих изображений по своей сути устроено конвейерным образом, вынесение начала этого конвейера в микропроцессор позволяет хранить промежуточные результаты в оперативной памяти большого объема с возможностью быстрой передачи для окончательной обработки и прорисовки последующими графическими звеньями. Наконец, технически значительно проще писать программы для центрального процессора, а не для специализированной микросхемы.

Подводя промежуточный итог, можно сказать, что успехи в области микропроцессоров сделали возможным создание недорогой рабочей станции с мощной системой трехмерной графики. Архитектура на основе UPA-коммутатора поз-

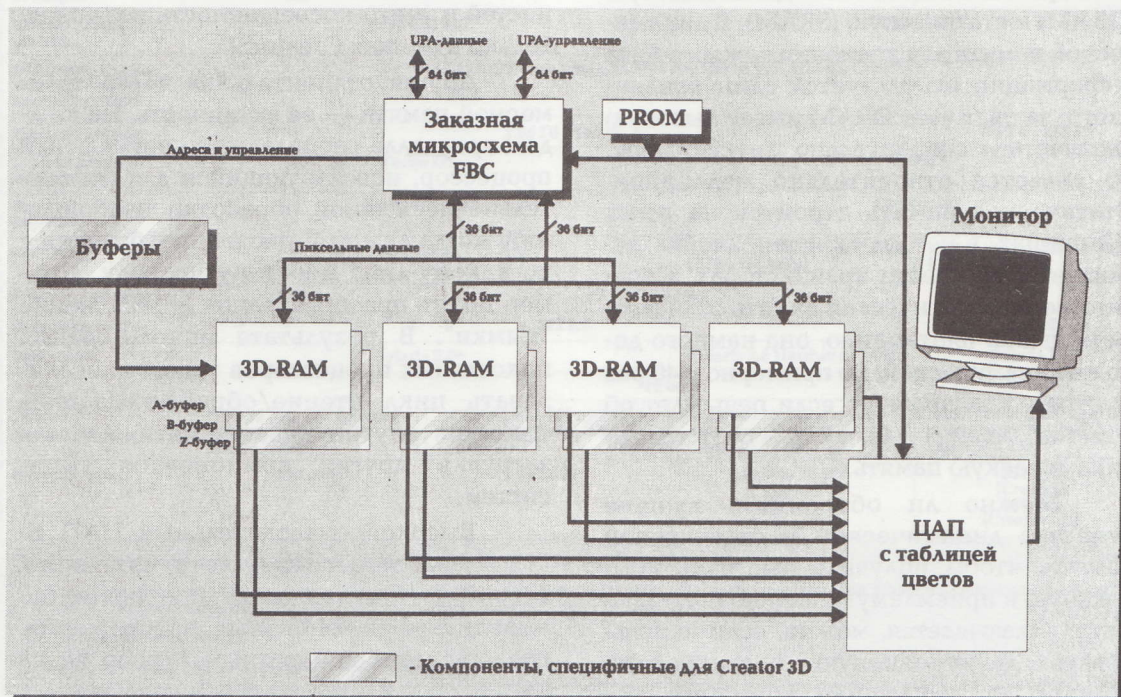


Рис. 4. Общая схема графического контроллера Creator.

волила реализовать графическую подсистему в виде нескольких компонентов, не превращая обмен информацией между ними в узкое горло.

Перейдем теперь к описанию остальных графических компонентов Ultra-компьютера, совокупность которых соответствует традиционному понятию графического контроллера. На рис.4 приведена общая схема этого контроллера.

Графический контроллер Creator содержит графический ускоритель, буфер кадров и цифро-аналоговый преобразователь с таблицей цветов. Заказная микросхема FBC (Frame Buffer Controller) берет на себя примерно половину работы по прорисовке трехмерных сцен и по поддержке рисования в окнах (закраска, роллирование, вывод текстов, отсечение по границам). Она же ведает такими продвинутыми функциями, как сглаживание (устранение лестничных эффектов). Поддерживается также вывод шаблонов, графических примитивов (точка, отрезок, ломаная и т.п.), закраска областей. Наконец, FBC отвечает за учет освещенности трехмерных сцен, за отбор видимых компонентов, за повороты многогранников и т.п.

Быстрая видео-память — один из ключевых компонентов графической системы. Традиционно различают два вида оперативной памяти — динамическую (DRAM) и статическую (SRAM). В динамической памяти для хранения каждого бита информации используется один конденсатор, за счет чего DRAM имеет высокую плотность и сравнительно низкую цену, но является относительно медленной. Статическая память строится на иных принципах, в ней однобитная ячейка реализуется на шести транзисторах. Соответственно, статическая память отличается меньшей плотностью, она намного дороже динамической, но примерно в 40 раз быстрее. Как правило, если речь идет об объемах более 1 Мб, используют только динамическую память.

Можно ли объединить лучшие свойства динамической и статической памяти, чтобы получить быструю, компактную и приемлемую по цене видео-память? Оказывается, можно, если использовать двухуровневую организацию. Именно так поступили компании Sun

Microsystems и Mitsubishi Electronics, создавшие так называемую трехмерную память (3D-RAM). На верхнем уровне находится кэш на 2048 бит, реализованный на статической памяти. Через него происходит весь обмен видео-данными с другими компонентами Ultra-систем. Внутри кристалла 3D-RAM проходит 256-разрядная шина, по которой в кэш поставляется информация из 4 банков обычной динамической памяти объемом по 1.25 Мб каждый. Несмотря на сравнительно низкое быстродействие динамической памяти, за счет высокой разрядности внутренней шины удается передавать в кэш до 1.6 Гб в секунду.

Буфер кадров в графической подсистеме Ultra-компьютеров реализован на микросхемах 3D-RAM. Здесь уместно отметить, что единственным, но важным отличием моделей Creator и Creator3D является количество этих микросхем и, соответственно, объем 3D-RAM — 5 или 15 Мб. В первом случае в видео-памяти можно разместить буфер на один полноцветный кадр, считая с наложенным изображением ($1280 * 1024 * 32 \text{ бит} = 5 \text{ Мб}$). Во втором случае в видео-памяти хватает места для двух буферов кадров, а также для 28-разрядного Z-буфера и четырех разрядов для задания шаблонов. Эффективная работа с трехмерными сценами с удалением невидимых поверхностей и учетом освещенности возможна только в рамках Creator3D.

Другая отличительная черта трехмерной памяти — ее активность. На каждом кристалле располагается пиксельный процессор, использующийся для относительно несложной обработки изображений, когда каждый пиксел преобразуется по какому-либо простому правилу. Пример такого преобразования — наложение "дымки". В результате использования пиксельных процессоров удается локализовать цикл чтение/обработка/запись пикселей внутри видео-памяти, избегая загрузки других компонентов Ultra-систем.

Высокопроизводительный ЦАП Vt 497 разработан совместно с компанией Brooktree. Он позволяет одновременно выводить 8- и 24-битные изображения, поддерживает аппаратный курсор 64 на 64 пиксела. Кроме того, предоставляется возможность программного управления

разрешением и частотой регенерации изображения.

Таким образом, Creator Graphics является мощной, сбалансированной и практичной системой, отлично вписывающейся в общую архитектуру Ultra-компьютеров. Creator как минимум вдвое мощнее прежних графических ускорителей (TurboGX, SX, ZX) и стоит при этом значительно дешевле.

6. Компьютеры семейств Ultra 1 и Ultra 2

Семейство компьютеров Ultra 1 включает в себя рабочие станции и серверы UltraServer 1 (последние отличаются от станций только отсутствием графических возможностей). Семейство состоит из трех моделей — 140, 170 и 170E. Первые две (младшие) модели можно рассматривать как переходные, в них остались некоторые элементы от прежних SPARC-компьютеров — графический ускоритель TurboGX, SCSI-контроллер обычной раз-

рядности (8 бит) со скоростью передачи 10 Мб/сек и Ethernet 10Base-T. Модель 170E — это уже UltraComputing "в чистом виде", с графическим контроллером Creator/Creator3D, с Fast/Wide SCSI-2 и 10/100 Base-T Ethernet.

Ultra 2 — это многопроцессорный вариант Ultra-компьютера. В нем используются микропроцессоры UltraSPARC-I с тактовой частотой 200 МГц. Пока в семейство Ultra 2 входит только одна двухпроцессорная модель — Ultra 2200.

В табл. 1 сведены характеристики компьютеров Ultra 1 и Ultra 2.

Серверы UltraServer 1 рассчитаны на рабочие группы из 50-100 пользователей. Они занимают промежуточное положение между SPARCserver 20 и SPARCserver 1000, обеспечивая высокую производительность при относительно низкой цене. Контроль ошибок во всех компонентах компьютеров и автоматическое отключение отказавших элементов (микросхем памяти, устройств ввода/вывода) делает эти серверы чрезвычайно надеж-

Название	Ultra 1 Model 140	Ultra 1 Model 170	Ultra 1 Creator/Creator 3D Model 170 E	Ultra 2 Creator/Creator 3D
Дата объявления	Ноябрь 1995			
Конструктив	Настольный			
Процессор	UltraSPARC-I			2 x UltraSPARC-I
Тактовая частота	143 МГц	167 МГц		200 МГц
SPECint92 ^{**1}	215	252		332
SPECfp92 ^{**1}	303	351		505
Оперативная память	32-512 Мб		64 Мб - 1 Гб	
Носители для резервных копий и дистрибутивов	4-8 Гб DDS2 4 мм лента, 14 Гб 8 мм лента, 3,5" НГМД, CD-ROM			
Емкость дисков	1,05 Гб - 147 Гб			2,1 Гб - 273 Гб
Графический контроллер	Turbo GX		Creator	
Опции графконтроллера	Turbo GX plus		Creator 3D	
Слоты	3 SBus (32/64-бит, 25 МГц)		2 SBus (32/64-бит, 25 МГц), 1 UPA (83 МГц)	4 SBus (32/64-бит, 25 МГц), 1 UPA (83 МГц)
Кэш на процессоре	32 Кб			
Внешний кэш	512 Кб			1 Мб
Версия ОС	Solaris 2.5+		Solaris 2.5 Hardware 1/90+	Solaris 2.5.1
Аудио	16 бит			
Базовая конфигурация ^{**2}	ОЗУ 32 Мб, 17" цветной монитор, Turbo GX, диск 1,05 Гб	ОЗУ 64 Мб, 20" цветной монитор, Turbo GX, диск 2,1 Гб	ОЗУ 64 Мб, 20" цветной монитор, Creator 3D, диск 2,1 Гб	ОЗУ 256 Мб, 20" цветной монитор, Creator 3D, диск 2,1 Гб
Базовая цена ^{**3}	\$16,495	\$22,995	\$22,995/25,995 (Creator ^{**4}) \$27,995 (Creator 3D)	\$57,995 (Creator) \$59,995 (Creator 3D)

**1 - Результаты получены с помощью компилятора SPARC compiler компании SunSoft

**2 - Кроме перечисленных компонентов, в комплект поставки входят: клавиатура, мышь, контроллер Ethernet, 2 последовательных порта (25 контактов), параллельный порт, порт аудио ввода/вывода, контроллер SCSI-2

**3 - Приведены цены для США

**4 - Базовая конфигурация для цены \$22,495 такова: 32 Мб, 17", Creator, диск 1,05 Гб

Табл. 1. Основные характеристики компьютеров Ultra 1 и Ultra 2.

ными. Удобное конструктивное исполнение, облегчающее доступ ко всем компонентам, позволяет при необходимости быстро произвести ремонт без выключения всей системы.

7. Solaris 2.5 — программный двигатель для Ultra-машин

Сразу же отвечая на вопрос, который, вероятно, возник у читателей, следует сказать, что операционная система Solaris 2.5 осталась 32-разрядной. На то есть свои причины. Дело в том, что ресурсы 32-разрядных приложений еще далеко не исчерпаны. Только в довольно редких случаях, когда идет работа с большими базами данных, требуется смещение по памяти или по файлу, не укладывающееся в 32 бита. У операционных систем есть еще 2-3 года, чтобы основательно, на стандартизированной основе войти в 64-разрядную эру.

Операционная система Solaris 2.5 рассчитана на три аппаратные платформы — SPARC (в том числе UltraSPARC), Intel (в том числе Pentium Pro) и PowerPC. Во всех случаях обеспечивается поддержка многопроцессорных конфигураций (до 64 процессоров). Тем самым Solaris 2.5 сразу по нескольким параметрам является масштабируемой, подлинно корпоративной ОС. В то же время ОС Solaris 2.5 сделана весьма технологично, с единими исходными текстами.

Как и другие компоненты проекта "Синтез", ОС Solaris 2.5 подвергалась строгому контролю качества и длительному тестированию, сначала внутреннему, потом внешнему. В процессе внешнего тестирования, длившемся полгода, приняли участие около 1500 пользователей и 500 независимых поставщиков программного обеспечения. Ни одна из прежних версий ОС, выпускавшихся компанией SunSoft, не проверялась столь тщательно.

Разумеется, поддерживаются все приложения, разработанные для предыдущих версий ОС Solaris — ведь это одна из принципиальных посылок проекта "Синтез". Более того, по сравнению с прежними версиями ОС Solaris, повышена совместимость с приложениями, созданными для SunOS 4.x.

Перечислим основные отличия ОС Solaris 2.5 от Solaris 2.4.

- Реализована новая версия сетевой файловой системы — NFS 3.0. Это позволило примерно на 30% поднять эффективность работы с разделяемыми файлами, сделать ее более безопасной.
- Реализованы списки управления доступом к локальным и разделяемым файлам. Теперь системным администраторам будет гораздо проще задавать права доступа индивидуально для каждого пользователя.
- Инструменты сетевого администрирования Solstice AdminSuite 2.1 и Solstice Print Manager облегчают управление корпоративными конфигурациями.
- Встроена поддержка единой среды рабочего стола (Common Desktop Environment, CDE). Теперь пользователям различных вариантов ОС Unix будет проще перемещаться между платформами.
- Обеспечена поддержка различных служб имен (DNS, ONC+, DCE) в соответствии с рекомендациями X/Open по федеративному именованию (X/Open Federated Naming).
- Средства управления потоками реализованы в соответствии с рекомендациями POSIX 1003.1c. Тем самым обеспечивается мобильность многопоточковых приложений.
- Реализована новая версия Wabi 2.1, что позволяет в рамках ОС Solaris выполнять более 20 наиболее популярных Windows-приложений. В среде Wabi 2.1 поддерживаются средства мультимедиа и приложения на основе ODBC.
- В серверные варианты ОС Solaris 2.5 теперь включается поддержка протоколов IPX/SPX, что обеспечивает совместимость с NetWare-клиентами.
- В серверные варианты добавлены инструменты администрирования Solstice DiskSuite и Solstice Backup, позволяющие управлять дисковыми массивами и осуществлять резервное копирование.
- Примерно в 2.5 раза сокращено время порождения/переключения/завершения процессов, за счет чего существенно возросла эффектив-

ность работы в многопользовательском режиме.

- Сокращен объем памяти, занимаемой ядром ОС. Так, на платформе Intel экономия составила 800 Кб.
- В ОС Solaris 2.5 встроена поддержка системы управления цветами компании Kodak (Kodak Color Management System). Это позволяет сделать цветовую гамму более качественной. Обеспечивается также поддержка энергосберегающих технологий (Energy Star Power Management).

Таким образом, ОС Solaris 2.5, по сравнению с прежними версиями, опирается на более широкую аппаратную платформу, более эффективна и проста в использовании.

Опишем более подробно некоторые из перечисленных нововведений.

В NFS 3.0 поддерживается третья версия NFS-протокола, в которой предусмотрен асинхронный режим записи данных с использованием двухфазного подтверждения, что позволяет существенно (примерно на 30%) повысить эффективность работы с разделяемыми файлами без снижения надежности. Далее, в качестве транспортного теперь может использоваться протокол TCP. Для разделения файлов в пределах локальной сети это не имеет большого значения, а вот в случае общения по глобальным, зашумленным линиям это очень важно. Работа по таким линиям теперь станет более надежной и эффективной.

Использование протокола TCP важно и из соображений информационной безопасности. Для межсетевых экранов (firewalls), защищающих корпоративные сети от внешних угроз, ограничивать установление виртуальных соединений TCP значительно проще, чем фильтровать UDP-трафик. Значит, и с этой точки зрения NFS в ОС Solaris 2.5 стал надежнее.

Еще несколько мер повысили эффективность разделения файлов. Во-первых, увеличен максимальный размер блоков передаваемой информации. Согласно версии 3 NFS-протокола он вырос с 8 Кб до 4 Гб. В реализации для ОС Solaris 2.5 максимум размера блока положен равным 64 Кб, что связано со спецификой се-

мейства протоколов TCP/IP. Во-вторых, в подтверждения после выполнения некоторых файловых операций была включена информация об атрибутах обрабатываемого файла. В результате резко сократилось число вызовов примитива `getattr`.

Отметим, что в версии 3 NFS-протокола файловые смещения стали 64-разрядными (то есть в пакетах, передаваемых по сети, содержатся "длинные" смещения). В результате сетевые файлы могут иметь практически неограниченный размер (сколько раз эти слова говорилось применительно к 32-м разрядам!). Реализация для ОС Solaris пока не использует этот факт, приводя смещения к прежней разрядности.

Версии 2 и 3 NFS-протокола несовместимы между собой, то есть клиенты, использующие одну версию, не могут общаться с серверами "от другой версии". ОС Solaris скрадывает эту несовместимость, предоставляя реализацию обеих версий и правильно "спаривая" клиентов с серверами в момент монтирования удаленной файловой системы.

Очень важным представляется факт реализации в ОС Solaris списков управления доступом к файлам — самой развитой формы добровольного управления доступом. Теперь даже в рамках больших информационных систем становится реальным задавать права "с точностью до пользователя", что было практически невозможным, если основываться на классической Unix-триаде "владелец-группа-прочие".

Списки управления доступом действуют в рамках локальных файловых систем (UFS) и сетевых файловых систем (NFS), созданных средствами ОС Solaris 2.5. Раньше для полноценного решения проблемы разграничения доступа к NFS-файлам просто не хватало понятий, поэтому и решения эти были сложными и неестественными. В ОС Solaris 2.5 положение кардинальным образом улучшено.

Первоначальная версия ОС Solaris 2.5 обеспечивает поддержку младших моделей семейств Ultra/UltraServer 1 — 140 и 170. Она автоматически выявляет наличие микропроцессора UltraSPARC и настраивается на использование его возможностей. Версия Solaris 2.5 Hardware: 1/96 полностью использует аппаратные возможности старшей

модели 170E; от "простой" ОС Solaris 2.5 эта версия отличается лишь наличием некоторых дополнительных компонентов, поэтому совместимость снизу вверх гарантирована.

ОС Solaris 2.5 поставляется в двух вариантах — настольном и серверном. В настольный вариант входят следующие компоненты:

- Solaris 2.5 CD, на который помещены SunOS, ONC+, NFS, ToolTalk, NIS+, Desktop AdminTool, JumpStart, CacheFS, OpenWindows, DeskSet и End User AnswerBook.
- SMCC Solaris 2.5 Updates CD, включающий Energy Star Power Management, средства диагностики SunVTS, SMCC AnswerBook.
- Desktop Supplement CD: Wabi 2.1, CDE 1.0.1, CDE AnswerBook, ODBC Driver Manager.
- Печатная документация по установке для пользователей и краткие справочники по OpenWindows и CDE.

В серверный комплект входят все три CD-ROM'a от настольного варианта, плюс:

- Solstice AdminSuite CD: Solstice AdminSuite 2.1, Solstice Print Manager, AnswerBook.
- Server Supplement CD: IPX/SPX, NIS для Solaris 2, System Administrators AnswerBook.

- Solstice DiskSuite 4.0 CD.
- Solstice Backup 4.1.2 CD.
- Печатная документация по установке для системных администраторов.

Не забыты и те, кто должен разрабатывать приложения для Ultra-компьютеров. Среда разработки WorkShop 2.0 позволяет использовать все аппаратные достоинства Ultra-архитектуры, включая набор графических команд (VIS). Оптимизированы математическая и графические библиотеки. Новые версии SPARCworks/iMPact и SPARCcompiler C оптимизируют C-программы и обеспечивают их автоматическое распараллеливание, что на платформе UltraSPARC дает выигрыш в быстродействии на 28% на целочисленных операциях и 52% на вещественной арифметике. Таким образом, простая перекомпиляция и пересборка, без всякого изменения исходного текста, позволяет примерно на 50% снизить время выполнения программ. В следующих версиях WorkShop предполагается осуществлять более глубокую оптимизацию.

Мы видим, что ОС Solaris 2.5 является эффективным, сбалансированным и надежным программным двигателем для компьютеров поколения UltraComputing. Этот двигатель отлично "тянет" не только новейшие, специально созданные для него приложения, но и многочисленные программные продукты, разработанные для прежних версий SPARC-систем.

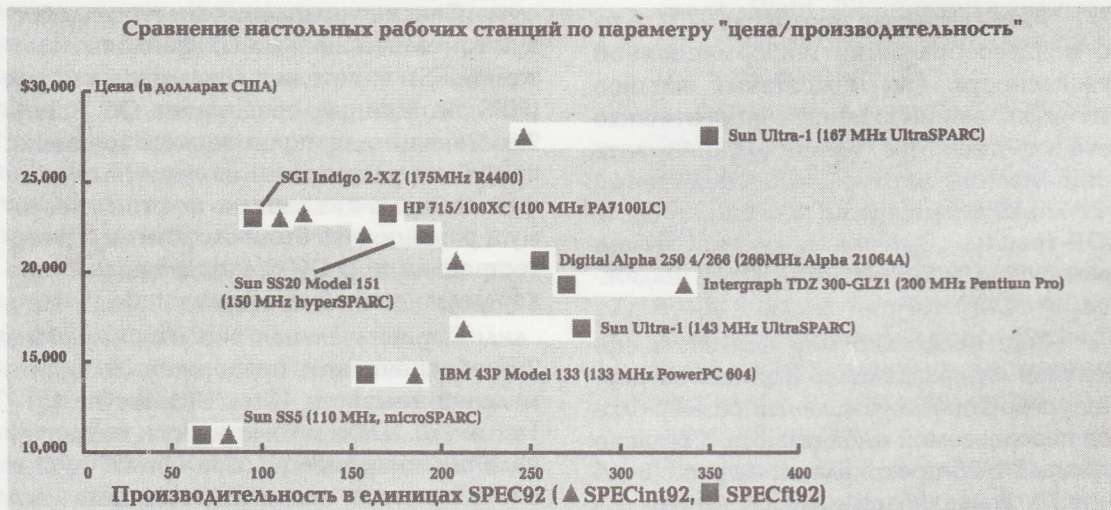


Рис. 5. Сравнение с конкурирующими предложениями.

Архитектурный элемент	SPARCstation 20	Ultra 1 Creator Model 170 E	Выигрыш
Процессор	32-разрядный, 75 МГц SuperSPARC-II	64-разрядный, 167 МГц UltraSPARC-I	> 2 раз
Связь процессора с внешним кэшем	72-разрядная связь. Простой в случае отсутствия данных в кэше	144-разрядная связь. Нет простоя в случае отсутствия данных в кэше	> 2 раз
Системный интерфейс	Шина MBus с коммутацией соединений. Частота 50 МГц, пиковая производительность 400 Мб/сек	Пакетный коммутатор UPA. Частота 83 МГц, пиковая производительность 1300 Мб/сек	3-5 раз
Оперативная память	Связь по 144-разрядному тракту, время ожидания процессором 600 нс, производительность на блочном копировании 20 Мб/сек	Связь по 288-разрядному тракту, время ожидания процессором 170 нс, производительность на блочном копировании 170 Мб/сек	2-4 раза
Графический контроллер	Связь по 32-разрядной шине SBus с частотой 25 МГц	Связь по 64-разрядному UPA-коммутатору с частотой 83 МГц	2-6 раз
Дисковый интерфейс	Fast SCSI, 10 Мб/сек	Fast/Wide SCSI, 20 Мб/сек	2 раза
Сетевой интерфейс	Ethernet, 10 Мб/сек	FastEthernet, 10/100 Мб/сек с автоматическим выбором скорости	10 раз

Табл. 2. Сравнение с SPARCstation 20.

8. Заключение

Можно было бы сказать, что компания Sun Microsystems удалось совершить прорыв, но слово "прорыв" едва ли применимо к наступлению на столь широком фронте. В проекте "Синтез" поражает прежде всего комплексность и сбалансированность. Создан аппаратно-программный продукт нового поколения, устанавливающий новые стандарты буквально по всем параметрам, продукт без слабых мест. Вызывает уважение основательность и качество работы специалистов компании — это тоже можно считать новым стандартом.

Сравнения по каким-то отдельным параметрам не дают полного представления о качестве Ultra-компьютеров. Тем не менее, некоторое сопоставление провести можно, как с прежними изделиями самой компании Sun Microsystems, так и с продуктами конкурентов.

В табл. 2 сведены данные об относительной производительности SPARCstation 20 и Ultra 1 Creator Model 170E.

Сравнение с конкурирующими предложениями в сопоставимых ценовых диапазонах иллюстрируется рис. 5.

Конечно, конкуренты не сказали своего последнего слова. Но не сказала его и компания Sun Microsystems. Как говорится, буквально "за углом" ожидает микропроцессор UltraSPARC-II. Его опытные образцы уже были представлены в октябре на Микропроцессорном Форуме. От своего предшественника UltraSPARC-II отличается вдвое меньшими размерами, снижением на 15% потребляемой мощности, увеличением тактовой частоты до 250 МГц, а производительности — примерно на 50%. Предполагается, что в промышленных количествах микропроцессоры UltraSPARC-II будут доступны во втором квартале 1996 года, а компьютеры на их основе — к концу 1996 года. Ожидается также, что довольно быстро удастся поднять тактовую частоту UltraSPARC-II до 300 МГц.

Одновременно в лабораториях активно ведутся работы над микропроцессором UltraSPARC-III. В общем, начинается эра компьютеров и прикладных систем нового поколения — эра UltraComputing. И компания Sun Microsystems вновь задает тон.

Эд Зандер делится взглядами

Президент компании Sun Microsystems Computer Company говорит о конкурентах, о процессоре UltraSPARC и о том, как Sun намеревается зарабатывать деньги, выпустив Java для свободного распространения.

В эксклюзивном интервью журналу *SunWorld Online** президент SMCC осветил ряд тем, включая то, когда Sun начнет поставку 64-разрядной версии Solaris, он говорит о будущем NT, HP, SCO, UnixWare и Pentium Pro, а также о том, как Sun готовится получать прибыль от создания языка Java и, наконец, о том, когда пользователи увидят компьютеры на базе процессора UltraSPARC II.

Несмотря на рост объема продаж, в некоторых источниках, например в *ComputerWorld*, появляются сообщения о том, что Sun уступает свои позиции на рынке компаниям HP и IBM, поскольку производительность SuperSPARC перестает удовлетворять пользователей. В связи с этим, скажите, пожалуйста, какое влияние окажет на будущее Sun и пользователи Sun появление UltraSPARC?

На такие вопросы не существует коротких ответов. Однако передо мной те же данные о рынке, которые доступны и другим. Например, данные, публикуемые IDC и Dataquest в отчетах об объемах продаж за период по конец июня (1995). Они свидетельствуют о росте нашей доли на рынке. Я мог бы показать вам график за последние пять лет, из которого следует, что нам принадлежит от 37% до 39% рынка. Временами эти показатели повышаются, а иногда понижаются. При том, что я согласен с утверждением о не самом лучшем положении Sun по показателю производительности, мы по-прежнему

сохраняем свои рыночные позиции. Более того в первой половине года намечался определенный рост, поэтому я выражаю свое несогласие с подобными утверждениями. Для меня, да и не только для меня, основной критерий — рост доходов. В то время как HP такие данные не публикует, и аналитикам остается делать предположения о том, как обстоят дела в HP, наши показатели имеют аудиторское подтверждение. Мы располагаем данными, демонстрирующими рост экономических показателей и увеличение выпуска в единицах продукции. Сегодня мы выпускаем больше рабочих станций и серверов, чем HP, IBM и DEC, вместе взятые.

Я думаю, что разговоры, в конечном итоге, сводятся к тому, что рост продаж у вашей компании слегка снижается, а у конкурентов повышается. Никто не говорит, что вы перестали быть № 1.

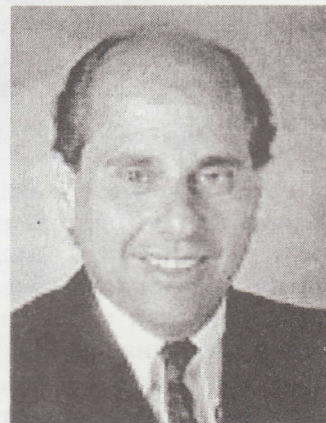
Вне всякого сомнения, мы по-прежнему номер 1. Люди не сомневаются в том, что Compaq является номером 1 в

Президент Sun Microsystems Computer Company Эд Зандер

Эд Зандер работает в Sun с 1987 года. До назначения на новую должность президента SMCC он возглавлял SunSoft. Зандер имеет 24-летний опыт работы в компьютерной индустрии, занимал ведущие должности в таких компаниях, как Apollo Computer, Data General и Raytheon Company.

По словам Скотта МакНили, президента Sun Microsystems Corporation, Эд Зандер великолепно понимает стратегические задачи Sun, и его предшествующая деятельность оказала благотворное влияние на развитие компании и рост прибылей. Под руководством Эда Зандера ОС Solaris стала лидером по объему продаж и числу установок среди UNIX систем.

Эд Зандер видит свою задачу в развитии рынка систем с архитектурой клиент-сервер, которые становятся основным направлением в создании распределенных вычислительных систем в большинстве крупных компаний. При этом сохранится традиционное направление — рабочие станции для технического рынка.



* Интервью опубликовано в SunWorld Online, ноябрь 1995. Перевод Л. Черняка.

индустрии PC, имея всего 12% рынка. В секторе же рабочих станций мы занимаем первое место, и по объему продаж нам принадлежит 35% рынка. Во всем мире каждая третья рабочая станция или сервер выпущены Sun, это ли не есть подтверждение нашей позиции?

Если по процессорной производительности вы уступаете конкурентам, то почему ваши дела идут столь успешно?

В последние годы мы начали работать на рынке коммерческих приложений. В 80-е годы мы работали главным образом на рынке технических приложений. В связи с изменениями на рынке коммерческих приложений, имеется в виду развитие архитектуры клиент-сервер, отказ от специализированных систем VAX/VMS, HP и мэйнфреймов IBM, мы обратили особое внимание на серверы. Ежегодный рост бизнеса, связанного с серверами, составил 50%. Как следствие возрос выпуск продукции, связанной с хранением данных, телекоммуникациями, финансовой деятельностью и управлением пользовательскими ресурсами. В таком контексте нельзя грубо сопоставлять производительность выполнения приложений, производительность при работе СУБД и масштабируемость систем со скоростью выполнения операций с плавающей точкой, скоростью CPU или графической производительностью. Я не стану утверждать, что мы не испытывали давления со стороны технической сферы, я согласен, что здесь первостепенное значение имеют графическая производительность и скорость счета. Да, действительно, мы испытывали серьезное давление со стороны конкурентов, стимулирующее нас к повышению производительности.

Во вторник мы исправили положение и вышли на рынок в новом качестве. Теперь наступит время для огорчений нашим конкурентам. Придет день, когда HP пожалеет о том, что купил Apollo, а пользователи SGI засомневаются, стоит ли так много переплачивать за их технику?

Однако что же было ошибочным в проекте SuperSPARC?

Я не знаю, я не электронщик, об этом лучше спросить наших инженеров. На рынке надо уметь очень быстро наращивать количественные показатели изде-

лий. Необходимо уметь предсказывать тенденции роста производительности и успевать за темпами роста. В этом поколении процессоров нам подобное не удалось. Видимо не было достаточного запаса по тактовой частоте, чтобы успевать выпускать новые процессоры с более высокими показателями. Возможно, причина в проектном решении.

Как я понимаю, в 1995 году вы продадите 400 000 компьютеров.

Нет, SMCC продаст около 300 000 компьютеров. Возможно, цифра 400 000 относится к числу проданных систем Solaris и лицензий на SPARC.

Каким, по вашему мнению, будет процент изделий на базе UltraSPARC в 1996?

Откровенно говоря, я не могу вам этого сказать. Я чувствую, что эта микросхема существенно повлияет на рост нашего бизнеса, во всяком случае, с этим мнением согласны на Уолл Стрите. Нам кажется, что появление UltraSPARC можно сравнить с появлением Sun 1 и SPARC 1. За 13 лет это третье по счету серьезное анонсированное нами новшество. Вспомним, что SPARC 1, имевший производительность 10 MIPS при стоимости 12 000 USD, за 18 месяцев занял всю нашу производственную программу. Скоро вы увидите и серверы на базе UltraSPARC, практически произойдет полная замена всей производственной программы. Скорость перехода, видимо, будет аналогичной тому, как это происходило во времена SPARC. В будущем году значительная часть, если не все линии продуктов будут иметь в основе процессоры UltraSPARC и технологию UltraComputing.

Из сказанного вами естественным образом вытекает следующий вопрос. На этих компьютерах должна работать система Solaris 2.x, но только половина вашей инсталляционной базы использует 2.x. Как по вашему мнению должны поступать другие пользователи?

Смешно, но последнее время мне не часто приходится сталкиваться с подобными вопросами. Все наши серверы моделей 1000 и 2000, все продукты, пользующиеся успехом, базируются на Solaris. Любой пользователь, приобретающий наш сервер, одновременно приобретает и Solaris 2. Имеется ряд пользователей, ко-

торые используют продукты, работающие под Solaris 1 или SunOS. Для них переход не составит труда. Достоинство новой версии Solaris заключается в том, что портирование продуктов не требует перекомпиляции. Мы располагаем отзывами от десятков и сотен независимых производителей программных продуктов (ISV), которые подтверждают, что после загрузки программы работают, но в два — четыре раза быстрее.

Вы говорите о Solaris 2 на UltraSPARC?

Да, конечно, продукты фирм Cadance, Mentor, Parametrix и других смогут работать на новой машине. Я думаю, это вообще не предмет для обсуждения. Для того, чтобы использовать новые компьютеры, достаточно перейти на работу под управлением Solaris 2.x.

Новые компьютеры обладают выдающимися качествами графической производительности, сетевой производительности, великолепной сбалансированностью всей системы в целом, что дает основание для масштабирования вверх и вниз. Наша очень сильная команда, работавшая над Solaris 2 и создавшая Solaris 1, в течении последних девяти месяцев сотрудничала со 100 нашими крупнейшими партнерами, снабжая их средствами для портирования, средствами для администрирования и всеми другими необходимыми инструментами.

Я не хочу снижать сложность проблемы, но ситуация в 1996 году будет напоминать то, что было год-два назад. Очень немногие покупатели обратились к нам для приобретения Solaris 1. Среди пользователей много таких, кто вполне удовлетворен тем, что имеет. Пользование операционными системами отличается определенной спецификой, уходит много времени на то, чтобы перейти на новую систему и не меньше времени на прощание с ней. Это касается и нас, и Microsoft, расширяющей DOS.

Мне приходилось сталкиваться с DOS-пользователями, которые на вопрос о том, почему они не переходят на Windows или Win95, отвечали, что как DOS, так и их приложения нормально работают и они вполне удовлетворены ими. Задержка с переходом на новую систему вызвана тем, что пользование операционной системой радикально отличается от

пользования аппаратурой. Пользователи пишут свои собственные коды, они влезают в ядро системы, они делают свои собственные приложения, кроме того, имеется подготовленный штат служащих.

Я уже говорил это много раз. Мы недооценили два года назад скорость смены инсталляционной базы. Вот почему на допущение того, что какой-то код не может быть выполнен на новой системе, наложено табу. Вот почему каждый последующий релиз программных продуктов, будь то компилятор или операционная система, должен обеспечивать выполнение существующих приложений. Мы больше никогда не прервем преемственности приложений. Об этом в нашей компании нельзя даже заикаться.

А когда появится 64-разрядная операционная система?

Мы должны обеспечить выполнение приложений. Мы не хотим повторений неудач. В жизни можно сделать одну серьезную ошибку, и такие ошибки повторять нельзя. На наших бета-машинах работают сотни пользователей, и они не могут поверить себе, что их приложения работают без изменений столь успешно.

Работает ли в таком случае приложение оптимально, нужно ли выполнять настройку для получения максимальной производительности?

Нет, ничего не нужно. Однако, если вы захотите, вы можете получить больше.

Мы планируем провести серьезную кампанию по выполнению сравнительных испытаний, чтобы получить данные по различным методикам, оценить производительность различных пользовательских приложений. Для пользователей будет интересно, то что привычным оценкам производительности, например таким как SPECmark, будет противопоставлена оценка работы приложений.

Если принять производительность SPARC 20 за 1, то у новых машин она равна 2, при этом приложения работают в три раза быстрее. Ускорение объясняется включением таких средств, как система видео-команд VIS, быстрый сетевой интерфейс и коммутатор пакетов. Дело не только собственно в микропроцессоре. И мы говорим не только об анонсировании микропроцессора. Новой является вся архитектура системы, в которой особое вни-

мание уделено визуализации, 3-мерной анимации, где видео-средства сочетаются с высокой сетевой производительностью и мощным 64-разрядным процессором. Мы исключили источники задержек, дополнительные платы и микросхемы. При формальном увеличении производительности в два раза, реально скорость выполнения приложений возрастает в 3—5 раз. Это не просто слова, вы можете поговорить с разработчиками приложений.

Возвращаясь к вопросу о 64-разрядной операционной системе, когда вы планируете сделать ее доступной?

По датам выпуска вы можете получить более точные ответы у разработчиков.

Ну хотя бы в первом приближении.

Ответ можно разделить на две части. Во-первых, у многих наших пользователей, особенно в коммерческом секторе рынка, пока нет в ней потребности. Для них важнее стабильность, качество, масштабируемость, производительность и достоверность выполнения приложений. Во-вторых, для некоторых пользовательских приложений важнее не собственно 64-разрядная система, а работа с файлами и адресное пространство. Я думаю, что вы в большей степени интересуетесь адресным пространством в Solaris. В следующем году будет 64-разрядное расширение, а уже затем 64-разрядная ОС.

Можно говорить примерно о 98 годе?

Спросите лучше у разработчиков ОС.

Моя настойчивость вызвана тем, что HP и Intel намереваются скоро перейти на 64 ОС, во всяком случае много говорят об этом.

Они все говорят об этом. Если вы думаете, что SCO собирается разработать 64-разрядную систему ...

Да, но HP ...

HP собирается избавиться от Unix вообще и перейти на NT. Вы не видите этого? Неужели пресса, я не имею в виду вас, не видит реального расклада? HP заявил, что собирается делать микропроцессоры Intel, они связывают архитектуру Precision с Intel и теперь будет два P7, они получат Intel P7 и HP P7.

Однако утверждается, что будет один процессор.

Они об этом заявили на этой неделе. В прессе были сообщения о двух P7, один Intel P7 и другой HP P7. Они говорят, что им пока не удастся добиться бинарной совместимости, а мы говорим, что им и не удастся. И вы пытаетесь убедить меня, человека, занимающегося четыре года софтверным бизнесом! Именно я был инициатором слияния Unix AT&T и Berkley и того, что лучшая инженерная команда создала Solaris 1 и Solaris 2. И вы будете утверждать, что люди из UnixWare, SCO и кто-то из HP смогут собрать порядка 10 млн. строк кодов, чтобы создать 64-разрядную ОС? SCO сейчас увольняет людей.

Это открывает для вас хорошие перспективы. В то же время, если HP и Intel будут следовать тем путем, о котором они говорят, то они составят вам существенную конкуренцию.

Я готов поспорить с вами здесь же, что для процессоров HP в 1997 и 98 гг. будет одна операционная система — NT. HP выходит из Unix-бизнеса. Если вы, как пользователь, приобретаете Precision Architecture, то это путь в никуда. Возьмите к примеру VAX/VMS, у DEC та же ситуация. DEC по-прежнему продает VAX/VMS на миллиарды долларов, но это ничего не значит. С этой точки зрения Precision Architecture и VAX/VMS одно и то же. HP мигрирует полностью на NT P7 и в этом качестве может быть серьезным конкурентом для нас, но в будущем.

SCO сбилась с курса. HP не вкладывает ничего в объектно-ориентированные разработки. Были инвестиции в Taligent, который лопнул. Нет разработок или людей, занимающихся объектными задачами, нет людей, занимающихся такими разработками как Java, нет людей, работающих над такими вещами, как Intefnet, они сократили состав разработчиков, занимающихся ядром операционной системы. Они не вкладывают средства в людей, которые могут сделать операционную систему, особенно такую, как Unix. Они говорят: "Оставим все это SCO". Когда SCO делала что-нибудь иное, чем наибольшую ОС Unix для деловых приложений?

Конечно, но они купили UnixWare, не так ли?

Забудьте думать о UnixWare. Это потеря времени. Мы говорим о 64-разрядной ОС Unix, на которой будут рабо-

тать Oracle или Sybase, обслуживая целые предприятия. Вы думаете, SCO с этим справится? Я считаю, что таким журналистам можно продать что угодно, я мог бы продать им Бруклинский мост.

В таком случае скажите мне, в чем преимущества Solaris по сравнению с NT.

Сегодня? Технически это очень просто. В этом смысле для сравнения с NT нет проблем. Если вы участвуете в техническом сражении, то факторами победы являются масштабируемость, защищенность, системное администрирование, сетевые возможности, возможность создания корпоративных сетей. Им противопоставляется возможность локальной сети. Здесь преимущества понятны. Проблема в другом — прикладное обеспечение Microsoft. Пользователи привязаны к этим приложениям и, соответственно, к этой операционной системе, поэтому ее и покупают.

Что Sun может этому противопоставить, в чем заключается стратегия Sun?

Наша стратегия в том, чтобы показать, что приложения Microsoft могут быть отделены от их операционной системы. Поэтому мы решаем триединую задачу. Одно направление — вложение средств и поиск технических возможностей, например, WABI или чего-то еще, для эффективного выполнения приложений Microsoft под Solaris. Второе — продолжать разработки средств сетевого управления и администрирования Solstice и Solarnet для настольных машин, работающих с программными продуктами Microsoft.

То есть стать хорошим сервером для Microsoft.

Быть сервером для настольных машин на процессоре Intel. И третье направление, наверное, самая замечательная вещь, о которой писали в последние несколько лет, — язык Java. На этой неделе разворачиваются две замечательные истории. Во вторник мы объявляем UltraComputing, а среда будет днем Java. Мы раньше об этом ничего не писали. Но едва мы объявили о грядущих событиях, как были распроданы все 1100 приглашений. Это все разработчики, если бы было место, мы могли бы пригласить и 5000.

Как вы собираетесь зарабатывать деньги на Java?

В прямом смысле — никак. Java создает новую парадигму, которая расширяет наше поле деятельности, поле, на котором мы играем, поле для продажи серверов, настольных систем, программных продуктов. Если парадигмой 2000 года станет только Microsoft/Intel, то мне в будущем стоит ограничиться игрой в гольф. А если создадим поколение разработчиков, которые начнут писать сетевые приложения на таком средстве, как Java, где ОС отделена от разработки приложений, то подготовим принципиально новую парадигму, раскрывающую вам новые горизонты. В таком случае произойдет то, что индустрия PC сделала 10 лет назад. Появятся десятки тысяч разработчиков, которые будут писать сетевые приложения нового поколения. Мы собираемся обеспечить защиту информации в Internet, среду разработки Java, операционную среду, серверы, видео-серверы, высокопроизводительные настольные компьютеры и, что особенно важно, Java-устройства. Когда-нибудь младшие модели PC будут заменены Java-устройствами. Все, что вам нужно, — это удобное средство для доступа к сети. Так думаю не только я, и не только в Sun, так думают и Ларри Эллисон, и в Netscape, и многие другие во многих других местах.

Это будет что-то вроде мобильного телефона?

Да, наверное, это будет что-то вроде мобильного телефона для доступа к сети. Сегодня, сидя здесь, я не могу дать точные предсказания. Но подумайте, индустрия рабочих станций, стартовав в 1980 году, ещё не достигла миллиардного оборота к 1985 году. Эпоха PC началась в 1977 году, а миллиардного оборота достигла бог знает когда, в 1982 или 1983 году. Для того, чтобы парадигма развилась, нужен период некоторого проникновения в сознание людей. Я думаю, что лет через 10 вы будете писать книгу по истории, и, говоря о 1994 — 1996 годах, вы скажете, что это было время, когда появились 64-разрядные микропроцессоры, технология видеокомпрессии, языки типа Java, Internet, но люди еще не знали, как это все использовать. Java с момента своего появления восхитил наиболее интеллектуальных программистов. При том, что мы ничего не делали для его популяризации, мы не давали рекламы, мы не выпускали пресс-

релизов, мы не печатали брошюр. Все необходимое находится в Internet, мы апеллируем к программистским массам, к разработчикам, а не к руководителям. Причина в том, что мы хотели, чтобы программист увидел свою мечту. Теперь он может помечтать о том, как снова стать творцом, а не писать приложения Microsoft Word. Программист теперь осознает, что он может создавать сетевые приложения и может увидеть, как они работают. В перспективе таким образом мы сможем разрушить монополию Microsoft. Я везде спрашиваю людей о том, почему они покупают NT, и ответ всегда один — я могу использовать приложения Microsoft. Еще никто не сказал, что NT лучше Unix.

Действительно Java сможет разрушить монополию Microsoft?

Противпоставив модель, ориентированную на сеть, модели настольного компьютера. Через два — три года различия между настольными системами не будут иметь большого значения. Вы можете приобрести Mac, Unix или Windows, но большую часть приложений, не все, разумеется, вы будете получать по сети.

Это напоминает стратегию микроядра IBM. Они портируют свое микроядро на платформу SPARC. Представляет ли для Sun интерес адаптация Solaris для работы на микроядре IBM?

Мне это не интересно. Solaris великолепно работает на PowerPC в родных кодах.

Может быть я не объективен, поскольку занимаюсь этим четыре года, но разве не годы требуются на разработку операционных систем, микроядра и слияние кодов? На разработку Solaris 2 у нас ушло три года и мы знали, что мы делаем. Трудная работа требует длительного времени. Посмотрите, сколько лет ушло на NT.

Выиграл Solaris. Он является альтернативой NT. Вокруг нет ни одного Unix, который обладал бы лучшей мультизадачностью, масштабируемостью, защитой

данных, способностью работы в режиме клиент-сервер. Сегодня Solaris — единственная альтернатива NT, но это обновленный объектно-ориентированный Solaris, включающий Java и Solstice.

Как Solaris работает на Intel?

Я не знаю, поговорите с ними.

Вы превращаетесь в IBM, где левая рука не знает, что делает правая.

Я просто хотел сказать, что не хочу замещать других. Я думаю, что Intel сделал вполне удачную версию Pentium Pro, но уйдут годы на то, чтобы получить работающее прикладное обеспечение (Oracle, Notes). Solaris хорошо работает и на Intel, и на PowerPC.

Зачем вы делаете версию на PowerPC?

Это является стратегией нашей компании. Мы хотим, чтобы программные продукты были на разных платформах. Мы считаем, что PowerPC будет третьей основной платформой: SPARC, Intel и PowerPC.

Я не общалась с вами с тех пор, как вы ушли из SunSoft. Что вы лично сделали, чтобы изменить направления деятельности SMCC?

SMCC находится в неплохой форме. С момента моего прихода я предпринял пару шагов. Я настаиваю на том, что Sun — это не компания, производящая рабочие станции, слова "network computing" должны войти в умы всех, кто работает в SMCC. В этом ключе мы развиваем маркетинговую работу и рекламную кампанию. Мы реорганизовали компанию в ряд бизнес-групп для большей приспособленности к рыночным изменениям. Мы больше сосредоточены на запросах рынка, на вопросах качества. Есть еще 8 — 10 шагов, которые следовало бы сделать. Все идет хорошо, постучим по деревяшке.

Вы только что на Microprocessor Forum показали UltraSPARC II, когда следует ожидать системы на этом процессоре?

Во второй половине 1996 года.

Jet INFO

Информационный
буллетень Jet InfoИндекс по каталогу
РОСПЕЧАТИ - 32555Главный редактор: В.А.Галатенко
Технический редактор: С.И.ДемочкинПолное или частичное
воспроизведение материалов,
содержащихся в настоящем
издании, допускается только
с разрешения Jet Infosystems**Jet Infosystems**Россия, 103006, Москва,
ул. Краснопролетарская, 6
тел. (095) 972 11 82
(095) 972 13 32
факс (095) 972 07 91
e-mail: JetInfo@jet.msk.su

Перед Вами один из номеров бесплатного периодического информационно-технического бюллетеня "Jet Info", издаваемого компанией "Инфосистемы Джет" - ведущим российским системным интегратором в области UNIX-систем.

Если Вы еще не являетесь подписчиком "Jet Info", но хотели бы получать его регулярно, просим Вас отправить в наш адрес заполненный купон этого объявления. Отправьте этот купон и в том случае, если Вы сменили свой почтовый адрес или решили изменить форму доставки Вам бюллетеня.

Информация для подписчиков: не забудьте в течение каждого декабря и июля обязательно отправлять нам этот отрывной купон для перерегистрации.



1. Организация _____

2. Фамилия, имя, отчество и должность лица, в чей адрес будет осуществляться рассылка _____

3. Индекс и почтовый адрес _____

4. Телефон и/или факс _____

5. Адрес электронной почты _____

6. В какой форме Вы хотели бы получать бюллетень

печатный вариант по почте

электронную версию по электронной почте

7. Прежняя форма и адрес подписки (для подписчиков, меняющих адрес и форму подписки, либо тех, кто проходит перерегистрацию) _____

8. Общее число компьютеров в организации _____

9. Ваша организация использует

Вычислительную технику

- Apple
- DEC Alpha
- DEC VAX
- IBM PC
- HP 9000
- Silicon Graphics
- Sun Microsystems
- Другое _____

Операционные системы

- MS-DOS (Windows)
- Novell NetWare
- SCO Unix
- Solaris / SunOS
- UnixWare
- VAX VMS
- Другое _____

10. Материалы на какую тему заинтересовали бы Вас в первую очередь _____

Мы будем рады, если кто-то из Вас захочет принять участие в подготовке выпусков "Jet Info" в качестве автора. Будем также признательны за любые конструктивные замечания и предложения по всем аспектам подготовки, выпуска и распространения нашего бюллетеня.