

## 7.7. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СЕМЕЙСТВА МВС

Вычислительные системы семейства МВС вобрала в себя отечественные и зарубежные достижения в области архитектуры и производства микропроцессорных БИС.

Современная элементная база индустрии обработки информации – это большие интегральные схемы (БИС), среди которых выделяются: микропроцессоры и микросхемы памяти (статические и динамические). В 80-х и 90-х годах 20 столетия электронная промышленность освоила производство высокопроизводительных микропроцессоров и микросхем памяти большой емкостью. Рынок БИС стал характеризоваться большим разнообразием универсальных микропроцессоров, а также сигнальных и медийных микропроцессоров.

Заметной вехой в вычислительной индустрии стала одна из разработок фирмы Inmos (Великобритания), именно – транспьютер (Transputer). Под транспьютером понимается микропроцессор с собственной внутренней памятью и коммуникационными каналами (линками) для соединения с другими транспьютерами. Первый транспьютер – Т414 был разработан фирмой Inmos в 1983 г.; он выпускался серийно с 1983 г. и имел следующие технические характеристики:

- разрядность - 32 двоичных разряда,
- тактовую частоту - 20 МГц,
- быстродействие - 10 MIPS,
- объем внутренней памяти - 2 Кбайт,
- число линков - 4,
- скорость передачи информации по линку - 5, 10, 20 Мбит/с.

Как уже отмечалось транспьютер являлся простейшим вариантом элементарной машины (см. 3.4. и 7.6.1); он служил для реализации не только вычислительных, но и коммуникационных функций. В 80-х годах прошлого века транспьютер был эффективным функционально-конструктивным элементом для построения ВС с массовым параллелизмом. Однако в 90-х годах 20 века транспьютер мог уже служить лишь как коммуникационный элемент для построения вычислительных систем.

Среди универсальных высокопроизводительных микропроцессоров перспективными для построения вычислительных систем были семейства:

- i 860 компании Intel,
- PowerPC альянса компаний IBM, Apple и Motorola,
- Alpha корпораций DEC и Compaq.

Для микропроцессоров названных семейств доступен диапазон производительности (с точностью до порядков): 100 MFLOPS – 10 GFLOPS.

Середина 90-х годов 20 столетия ознаменовалась тем, что промышленность стала выпускать сигнальные и медийные микропроцессоры, которые наряду с большими вычислительными возможностями обладали развитыми коммуникационными средствами. Примером могло служить семейство TMS 320C4х компании Texas Instruments, микропроцессоры которого обеспечивают от 4 до 6 коммуникационных портов с пропускной способностью каждого в несколько десятков Мегабайт в секунду.

Итак, в начале 90-х годов элементная база вычислительной техники (универсальные и коммуникационные микропроцессоры) была достаточно развита и позволяла приступить к созданию MIMD-систем с производительностью:  $10^9 - 10^{12}$  FLOPS.

Научно-исследовательский институт "Квант" (г. Москва) Министерства радио-промышленности Советского Союза был одним из наиболее мощных отечественных коллективов по проектированию вычислительных систем с массовым параллелизмом. Институт, пройдя путь от специализированных ЭВМ и ВС с архитектурой SIMD, в начале 90-х годов 20 века приступил к созданию вычислительных систем с MIMD-архитектурой. В указанные годы к средствам обработки информации стали предъявляться требования

по производительности, надежности и живучести, которые никак не могли быть удовлетворены концепцией ЭВМ Дж. Фон Неймана и SIMD-архитектурой. Именно к этому времени активизировалось сотрудничество НИИ "Квант" с несколькими научными группами Сибирского отделения АН СССР; особенно плодотворным и многолетним оно было с Отделом вычислительных систем СО РАН.

Семейство МВС (многопроцессорных вычислительных систем) – это по сути промышленное расширение ряда: МИКРОС-1, МИКРОС-2, МИКРОС-Т. Семейство МВС было разработано в 90-х годах 20 столетия НИИ "Квант" и группой институтов Российской академии наук [11]. Это семейство имеет две генерации МВС-100 (1992-1996 гг.) и МВС-1000 (1997-2000 гг.).

### **Архитектура систем семейства МВС**

- SIMD-архитектура;
- распределенность средств управления, обработки и памяти;
- массовый параллелизм при обработке информации;
- программируемость структуры сети межмашинных связей;
- масштабируемость, модульность и однородность.

#### **7.7.1. Функциональная структура систем семейства МВС**

Здесь будут отражены архитектурные и функциональные особенности вычислительных систем семейства МВС (в сравнении с МИКРОС).

### **Элементарные машины**

Генерации МВС-100 и МВС-1000 имеют одну и ту же функциональную структуру элементарных машин, она уже известна – это структура ЭМ системы МИКРОС-Т (рис. 7.22). Однако технические реализации элементарных машин для МВС-100 и МВС-1000 различны, каждая из ЭМ комплектуется из микропроцессоров, соответствующих времени разработки систем.

Для формирования ЭМ вычислительных систем МВС-100 использовались в качестве:

- коммуникационных процессоров (КП) – транспьютеры Inmos T425 или T805;
- вычислительных процессоров (ВП) – i 860 (i 80860XR и i 80860XP) или микропроцессор PowerPC (PowerPC 601 и PowerPC 603).

Элементарная машина МВС-100 имела следующие технические характеристики:

- ♦ быстродействие – порядка  $10^2$  MegaFLOPS,
- ♦ емкость главной памяти (ГОП) – 8–32 Мбайт,
- ♦ емкость коммуникационной памяти (КОП) – 2–8 Мбайт,
- ♦ пропускную способность канала межмашинной связи (одного из 4-х линков) – 2 Мбайт/с.

Для конфигурирования элементарных машин систем МВС-1000 используются мощные микропроцессоры, именно:

- \* коммуникационный процессор (КП) – это либо "транспьютероподобный" микропроцессор TMS 320C44, имеющий 4 линка с пропускной способностью каждого 20 Мбайт/с, либо связной микропроцессор SHARC ADSP 21060 фирмы Analog Devices, имеющий 6 линков с пропускной способностью каждого 40 Мбайт/с;

- \* вычислительный процессор (ВП) – это микропроцессор Alpha 21164.

Элементарная машина МВС-1000 характеризуется следующими параметрами:

- \* быстродействие – 1-2 GigaFLOPS,
- \* емкостью главной памяти (ГОП) – 0,1-2 Гбайт,

- \* пропускной способностью канала межмашинной связи (одного из 4-х или 6-ти линков) – 20 Мбайт/с или 40 Мбайт/с.

### Структурный модуль

Структура сети межмашинных связей в ВС семейства МВС подобна двумерному тору (для 4-линковых ЭМ). Структурный модуль ВС – это "матрица" из 4x4 связанных элементарных машин (рис. 7.25). Граничные линки модуля используются следующим образом:

- 1) четыре линка угловых ЭМ матрицы – для организации двух диагональных связей,
- 2) оставшиеся 4 линка угловых машин – для подсоединения хост-компьютеров (host – ведущая машина) и внешних устройств (ВУ) и для связи с ЭМ других модулей,
- 3) восемь линков – для соединений с подобными структурными модулями.

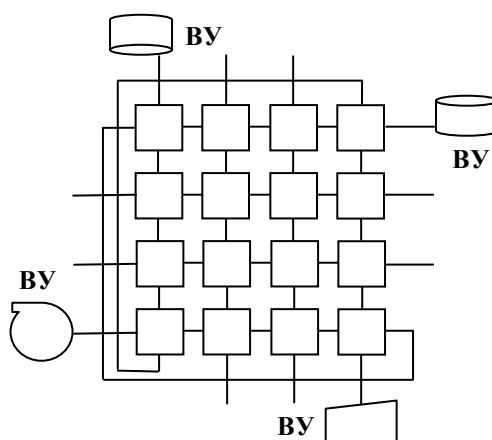


Рис. 7.25. Структурный модуль ВС семейства МВС

Максимальная длина пути между ЭМ (диаметр) в структурном модуле равна трем. Следует отметить, что этот параметр в гиперкубической структуре из 16 ЭМ равен 4. Следовательно, рассматриваемый 16-машинный структурный модуль характеризуется меньшими задержками при передаче информации между ЭМ в сравнении с четырехмерным гиперкубом (рис. 3.2).

Конструктивным модулем ВС семейства МВС является базовый вычислительный блок (БВБ), содержащий 2 структурных модуля или 32 элементарные машины (рис. 7.26). Диаметр структуры вычислительного блока равен 5, как в 32-вершинном гиперкубе. Свободные линки (максимально 16) вычислительных блоков используются для организации конфигураций ВС с числом элементарных машин не менее 64.

#### 7.7.4. Области применения ВС семейства МВС

Вычислительные системы семейства МВС – масштабируемые, следовательно, спектр областей их применения достаточно широк. Для каждой прикладной области может быть выбрана адекватная по составу и техническим параметрам конфигурация ВС. Системы предназначены прежде всего для решения сложных задач, т.е. таких, которые требуют больших объемов вычислений.

Приведем список задач, параллельные алгоритмы решения которых эффективно реализуются на ВС семейства МВС:

- 1) задачи расчета аэродинамики летательных аппаратов, в том числе интерференции при групповом движении;
- 2) расчет трехмерных нестационарных течений вязко сжимаемого газа;
- 3) расчет течений с локальными тепловыми неоднородностями в потоке;
- 4) квантовая статистика поведения вещества при экстремальных условиях;
- 5) структурообразование биологических макромолекул;
- 6) моделирование динамики молекулярных и биомолекулярных систем;
- 7) дифференциальные игры, динамические задачи конфликтов управления;
- 8) механика деформируемых твердых тел (с учетом процессов разрушения).

Данный список суть области фактического применения вычислительных систем генераций МВС-100 и МВС-1000.

Вычислительные системы генерации МВС-1000 используются для оснащения суперкомпьютерных центров России. Одна из первых 96-машинных систем МВС-1000 с производительностью 200 GigaFLOPS была установлена в Москве в Межведомственном суперкомпьютерном центре – МСЦ (Министерства промышленности, науки и технологий РФ, Министерства образования РФ, Российской академии наук и Российского фонда фундаментальных исследований). Центр был открыт 5 ноября 1999 года.

В соответствии с планами развития МСЦ в 2001 году была установлена система МВС-1000М с 768 процессорами, имеющая производительностью 1 TeraFLOPS.

Вычислительная система МВС-1000М по своей архитектуре и функциональной структуре принципиально отличается от МВС-1000. Система МВС-1000М – это кластер, компонуемый из двухпроцессорных вычислительных узлов. Каждый узел – композиция из 2-х микропроцессоров Alpha 21264 с тактовой частотой 667 МГц, оперативной памяти емкостью 2 Гбайт и внешней памяти на жестком диске. Узлы связаны между собой коммуникационной сетью Myrinet и работают под управлением операционной системы RedHat Linux 6.2. В качестве управляющей сети в МВС-1000М используется Fast Ethernet. Имеется реализация интерфейса MPI-MPICH-GM.

Вычислительная система МВС-1000М собрана в 18 стойках; потребляемая мощность – 120 кВт; стоимость системы – 10 млн. долл.

Системами семейства МВС будут оснащаться Суперкомпьютерные центры России.