

## МНОГОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СТАНДАРТЕ VME (ПРОТОТИП)

А.Е.Сеннер, В.А.Смирнов, В.В.Трофимов

Создан прототип многопроцессорной системы, которая предназначена для параллельной обработки данных, полученных в экспериментах физики элементарных частиц. Система состоит из центрального и трех периферийных процессорных модулей, которыми являются одноплатные 32-разрядные ЭВМ в стандарте VME, созданные на основе микропроцессора типа MC68020. Разработаны математические средства по подготовке и выполнению задачи в рамках операционной системы VERSADOS. Проверка работоспособности многопроцессорной вычислительной системы проводилась при помощи задачи, моделирующей обработку экспериментальных данных в физике высоких энергий. Тестовая задача демонстрирует возможность и эффективность проведения параллельной обработки данных на этой системе.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

### A VME Multiprocessor System for Data Analysis

A.E.Senner, V.A.Smirnov, V.V.Trofimov

A multiprocessor system for the parallel analysis of data from elementary particle physics experiments is constructed. It includes one host and three peripheral processors, which are VME 32-bit CPU-boards based on MC68020 microprocessors. The VERSADOS oriented software for task preparation and task execution is realized. A working test of the computing multiprocessor system is performed by means of a task that simulates experimental data analysis in high energy physics. This task shows the possibility and performance of data parallel analysis on this system.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

### 1. Введение

В Лаборатории высоких энергий ведутся работы по реализации проекта "Суперкомпьютер"<sup>1</sup>, который предназначен для параллельной обработки данных, полученных в экспериментах физики

элементарных частиц. В настоящее время создана многопроцессорная система, состоящая из центрального вычислителя и трех периферийных процессорных модулей. Созданы математические средства по подготовке и выполнению задачи в рамках операционной системы VERSADOS и по поддержке выполнения задачи на периферийном модуле. Осуществлен запуск тестовой прикладной задачи, для которой реализован алгоритм распараллеливания вычислений.

Создание этой системы позволило решить ряд следующих методических вопросов:

- организация механизма взаимодействия центрального вычислителя системы с его периферийными модулями на уровне протокола шины VME;
- разбиение прикладной задачи на общую часть, располагаемую в центральном вычислителе, и распределенную, размещаемую в периферийном модуле;
- проверка идентичности вычислений на одном процессоре и наборе процессоров;
- определение производительности многопроцессорной системы.

## 2. Архитектура прототипа системы

На рис.1 приведена блок-схема прототипа многопроцессорной вычислительной системы, который создан на основе устройства по подготовке программ для микропроцессора MC68000 (производство MOTOROLA, США) <sup>2</sup>/. В состав устройства входят крейт VME, модуль одноплатной ЭВМ типа MVME101 с микропроцессором MC68000, модуль ОЗУ емкостью 0,5 Мбайт, интерфейс накопителей на магнитных дисках, а также накопители: WINCHESTER емкостью 40 Мбайт и FLOPPY DISC емкостью 655 Кбайт. В крейте

VME имеются резервные позиции, которые позволяют разместить в нем три дополнительные одноплатные ЭВМ типа TSVME120 (производство Themis, Франция) с мик-

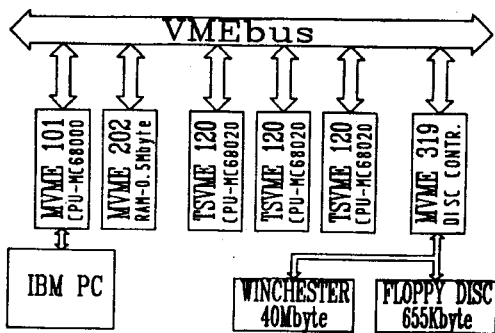


Рис.1. Блок-схема прототипа многопроцессорной вычислительной системы.

ропроцессором MC68020 и ОЗУ емкостью 1 Мбайт на каждой из плат.

Центральным вычислителем многопроцессорной системы является процессор MVME101, а периферийными процессорными модулями — одноплатные ЭВМ TSVME120. Центральный вычислитель по последовательному каналу связан с ПЭВМ типа IBM PC, которая в системе выполняет роль графической станции.

### 3. Математическое обеспечение

Математическое обеспечение многопроцессорной вычислительной системы, согласно общей концепции<sup>11</sup>, можно логически разделить на две крупные части. К первой относятся универсальные программные средства, такие как, например, операционная система VERSADOS. Вторая часть объединяет программы, созданные специально для функционирования многопроцессорной системы: монитор периферийного модуля, средства взаимодействия центрального вычислителя и периферийного модуля и т.д.

Наряду с использованием традиционного технологического математического обеспечения (например, транслятор FORTRAN-77), разработаны и созданы специализированный редактор связей и загрузчик программ в периферийный модуль.

При реализации задачи на прототипе были приняты следующие соглашения:

— Часть программы, выполняющаяся на центральном вычислителе, сосредотачивает в себе все необходимые операции ввода и вывода. Ограничений на способы передачи значений параметров внутри этой части не существует.

— Часть программы, выполняющаяся на периферийном модуле, не может содержать операций ввода и вывода. Ограничений на способы передачи значений параметров внутри этой части не существует.

— Связь по информации между частями программ, выполняемых на центральном вычислителе и периферийных модулях, осуществляется только через механизм общих (COMMON) областей памяти.

— Связь по управлению между частями программ, выполняемых на центральном вычислителе и периферийных модулях, осуществляется с помощью специально разработанного коммуникационного пакета программ.

— Объединение программ для выполнения на периферийном модуле осуществляется при помощи специализированного редактора связей. В результате работы редактора формируется файл в последовательном формате, который предназначен для загрузки в периферийные модули. В этот файл входят собственно оттранслированные программы, модули из библиотеки стандартных программ Фортрана, описание структуры данных, карты загрузки памяти и монитор для организации синхронной работы всего комплекса. Разработанный для системы коммуникационный пакет программ включает в себя следующие основные компоненты:

- XLOAD — загрузка программы в периферийный процессор;
- XPUT — запись значений из заданного массива программы в центральном вычислителе в заданный COMMON блок программы в периферийном процессоре;
- XGET — чтение значений из заданного COMMON блока программы в периферийном процессоре в заданный массив программы в центральном вычислителе;
- XGO — запуск программы в периферийном процессоре;
- XWAIT — ожидание окончания работы в периферийном процессоре.

Все программы коммуникационного пакета построены таким образом, что позволяют с помощью задания значений параметров выбрать либо конкретный периферийный модуль, либо выполнить операцию для периферийных модулей. Для оперативного изменения архитектуры многопроцессорной системы при включении в ее состав или выводе из ее состава отдельных периферийных модулей разработана программа XCONFIG. Программа переводит периферийный процессор в одно из состояний ONLINE или OFFLINE.

Программа в центральном вычислителе готовится к исполнению при помощи стандартных средств VERSADOS и выполняется под управлением VERSADOS.

#### 4. Проверка работоспособности системы

Проверка работоспособности прототипа многопроцессорной вычислительной системы проводилась при помощи задачи, моделирующей обработку экспериментальных данных в физике высоких энергий. В качестве аналога файла событий использовался файл, каждая запись — "событие" которого содержала несколько точек с двухмерными координатами, распределенными по случайному закону.

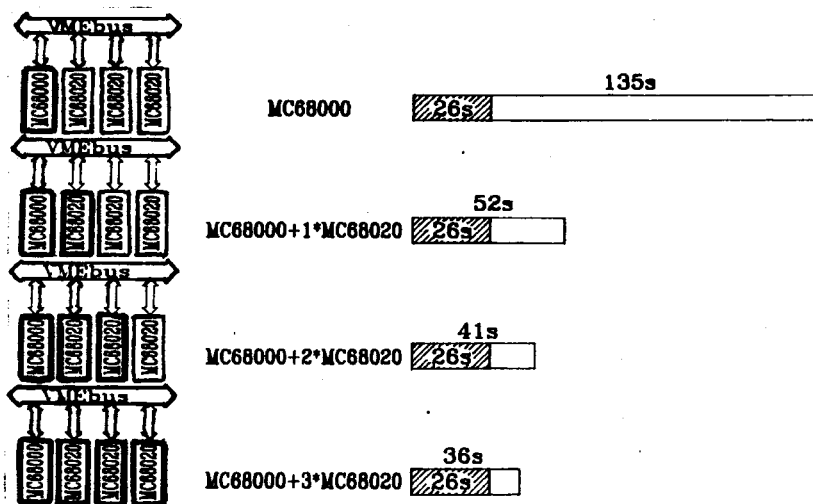


Рис.2. Результаты тестирования для 4 конфигураций системы.

Обработка заключалась в фитировании каждой группы точек многочленом 18-й степени и проводилась на 4 различных конфигурациях системы: один центральный вычислитель, центральный вычислитель с одним периферийным процессором или одновременно с двумя-тремя периферийными процессорами (см. рис.2). В первом случае обработка полностью велась центральным вычислителем. В трех последующих конфигурациях обработка распределялась между центральным вычислителем (синхронизация, подготовка к фитированию) и периферийными процессорами (фитирование). Аппаратный сопроцессор при работе с числами с плавающей запятой не использовался.

Для каждой конфигурации системы было проведено измерение времени, необходимого для обработки одного и того же файла из 50 "событий". Результаты измерений показали (см. рис.2), что на центральном вычислителе задача проходит за 135 с, на центральном вычислителе с одним периферийным процессором — за 52 с, а с двумя -тремя периферийными процессорами — за 41 и 36 с соответственно. В данной задаче обработки эффект возрастания производительности системы с увеличением числа параллельно работающих процессоров выражен слабо, так как не проводилась оптимизация выделения частей в процессе обработки для центрального вычислителя и для периферийного процессора. Центральный вычислитель на подготовку к фитированию "событий" тратит такое же время (~ 26 с), какое периферийный процессор — для фитирования "событий".

На основании вышеприведенных измерений и с помощью сложных вычислений можно показать, что периферийный процессор приблизительно в 4 раза производительнее центрального вычислителя, и что затраты времени центрального вычислителя на процессы синхронизации и обмена данными составляют  $\sim 2$  с.

## Заключение

В результате проведенных исследований и разработок создана многопроцессорная система, которая основана на применении выпускаемых промышленностью высокопроизводительных одноплатных ЭВМ в стандарте VME. На примере тестовой задачи продемонстрирована возможность и эффективность проведения параллельной обработки данных на этой системе. Результаты испытания системы показали, что ее максимальная производительность может быть достигнута за счет минимизации той части процесса обработки, которая выполняется центральным вычислителем. На следующем этапе развития системы планируется запуск программы моделирования процессов взаимодействия релятивистских ядер с веществом для одной из экспериментальных установок ЛВЭ.

## Литература

1. Kolpakov I.F., Senner A.E., Smirnov V.A. — JINR, E10-87-318, Dubna, 1987.
2. MOTOROLA VMEbus Produktübersicht 1966/87, Munchen, 1986.

Рукопись поступила 3 декабря 1990 года.