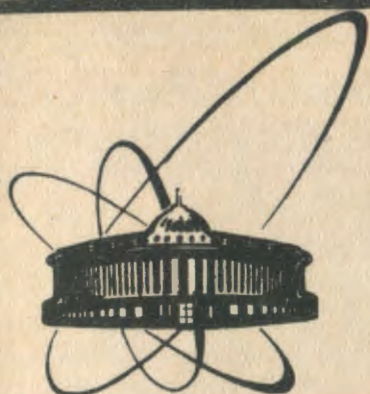


91-37



**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P9-91-37

**С.Б.Ворожцов, В.О.Громов, А.А.Карлов,
А.К.Ломов, В.А.Саенко**

**РАСПРЕДЕЛЕННЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС
ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ ЗАРЯЖЕННЫХ
ЧАСТИЦ**

1991

Введение

Высокая стоимость современных ускорителей предполагает большой объем расчетных работ и моделирование основных узлов установок. Жесткие требования при технической реализации ускорителей привели к широкому внедрению численных расчетов на ЭВМ, причем расчетные работы не заканчиваются на стадии проектирования, а продолжают также и на этапе экспериментального исследования характеристик готовых систем при их доводке. Фактически за последние десятилетия численное моделирование стало играть решающую роль в ускорении темпов разработки и сооружения ускорительных комплексов.

Так, при проектировании магнитных систем ускорителей с пространственной вариацией поля необходимо решать многопараметрическую задачу расчета (задача синтеза) оптимальной конфигурации магнита /1/ с учетом насыщения железа и наличия сверхпроводящих обмоток при повышенной точности расчета ($1E-4$). Это позволяет сразу работать с прототипом магнита и, тем самым, существенно снизить сроки проектирования и доводки установки. Эти же соображения справедливы и при проектировании оптимальных ускоряющих ВЧ-структур.

Математическое моделирование динамических процессов в ускорителях, влияние на движение частиц различных систем ускорителя, нахождение оптимальных характеристик ускоряемых пучков заряженных частиц с учетом эффектов пространственного заряда следует отметить особо. В отличие от основных систем ускорителя, которые допускают экспериментальное моделирование, процесс ускорения невозможно смоделировать в натуре без создания действующего ускорителя.

С другой стороны, компьютерное моделирование ускорителей предполагает при проведении численного эксперимента подготовку большого объема исходных данных и, в дальнейшем, обработку полученных результатов, представленных в виде больших числовых массивов данных. Часто при этом требуется интерактивный режим работы, то есть такой режим, когда технологическая цепочка: "подготовка исходных данных" - "запуск счетных задач" - "получение и обработка результатов" - "подготовка новых исходных данных" и т.д. завязана в единый непрерывный цикл, происходящий в разумное время.

В вышеописанной цепочке есть множество "узких" мест, поддающихся автоматизации. Разумное ее проведение помогает существенно сократить долю непроизводительного труда, повышает качество и достоверность результатов, сокращает время их получения.

На наш взгляд, осуществить переход на качественно новый уровень разработки ускорительной техники возможно на пути объединения в единую быструю сеть мощных персональных графических рабочих станций на базе ПЭВМ и больших ЭВМ ЦВК ОИЯИ. В этом случае можно говорить о распределенной вычислительной среде, являющейся существенной и неотъемлемой частью современного компьютерного моделирования ускорителей заряженных частиц.

Сравнение производительности ПЭВМ и ЭВМ ЦВК ОИЯИ /2/

Дадим некоторые оценки производительности современных ПЭВМ в сравнении с традиционными большими вычислительными комплексами, доступными в ОИЯИ. В следующей таблице приведены сравнительные данные, характеризующие быстродействие персональных и традиционных ЭВМ на тестовой программе Whetstone для одинарной и двойной точности в случаях отсутствия или наличия оптимизации:

| | Fortran | SWhetN | SWhetO | DWhetN | DWhetO |
|-------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| PC AT-386/387-20 | NDP | 1,340K | 1,620K | 1,270K | 1,500K |
| PC AT-386/Cache/3167-20 | NDP | 2,900K | 3,500K | 2,200K | 2,800K |
| PC AT + T800-20 | 3L | 2,780K | 2,780K | 1,940K | 1,940K |
| PC AT-486/Cache-25 | NDP | ----- | 5,750K | ----- | 5,690K |
| EC-1061 | Z | 1,300K | 1,790K | 1,140K | 1,520K |
| EC-1066 | V | 2,890K | 3,610K | 2,560K | 3,090K |
| VAX-11/780 | VMS | 1,050K | 1,250K | 725K | 810K |
| VAX-8350 (1 CPU) | VMS | 1,140K | 1,330K | 800K | 915K |

Приведенные сравнительные данные позволяют сделать вывод о том, что современные персональные ЭВМ и многопроцессорные системы (в частности, на базе транспьютера T800) способны конкурировать с большими ЭВМ по скорости выполнения научно-технических расчетов для определенного класса задач. Что

же касается стоимости ПЭВМ, то она на один-два порядка ниже стоимости больших ЭВМ ЦВК ОИЯИ при существенно более высокой надежности.

Организация базы вычислительного комплекса

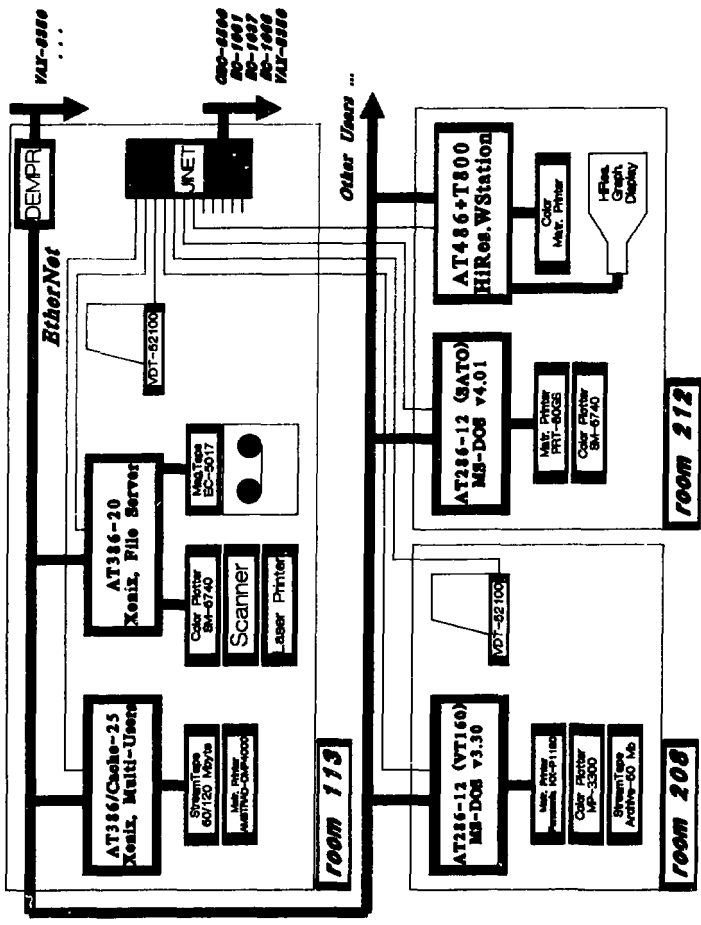
В последние годы персональные графические рабочие станции стали играть значительную роль в разработке программ и интерактивном анализе и представлении данных /3,4/. Для полной реализации возможностей таких станций необходимы быстрые средства коммуникации между ними и большими ЭВМ, которые используются как счетные компьютеры или как файл-серверы.

Для работы в такой сильно интегрированной вычислительной среде были разработаны и разрабатываются новые инструментари. В настоящее время эти средства доступны для персональных ЭВМ класса IBM PC-XT/AT/AT-386 в рамках операционных систем MS-DOS, UNIX/XENIX-386 и локальной сети типа ETHERNET.

В последнее время на рынке вычислительных средств появились мощные 32/64-разрядные многопроцессорные системы на базе RISC-технологии. Это позволяет создавать на их основе высокопроизводительные вычислительные и графические рабочие станции. Резкое увеличение производительности таких станций достигается за счет использования принципов параллельных вычислений на множестве процессоров, каждый из которых эквивалентен по мощности центральному процессору таких ЭВМ, как ЕС-1061, CDC-6500 и т.п.

Структурная схема распределенного вычислительного комплекса Отдела новых ускорителей ЛЯП ОИЯИ для моделирования ускорителей заряженных частиц показана на рис.1. Создание комплекса по указанной схеме рассчитано на реализацию и развитие в течение 1990-1992 годов.

Основу комплекса составляют две 32-разрядные персональные ЭВМ типа PC AT-486/Cache-25 МГц и PC AT-386/20 МГц. С учетом объема решаемых задач, каждая из них имеет основную память емкостью 16 и 8 Мбайт, внешнюю дисковую память 650 и 120 Мбайт, сопроцессор типа Weitek 4167 и Intel 80387 соответственно. Кроме того, указанные ПЭВМ оснащены необходимым набором внешних устройств.



Установленная ПЭВМ АТ-386/20 используется для локальных вычислений и подготовки заданий, а ПЭВМ АТ-486/Cache-25 работает в качестве счетного компьютера и как файл-сервер. К ней подключены лазерный принтер, цветной графопостроитель и накопитель на магнитной ленте типа "стриммер" емкостью 60 Мбайт. Указанные устройства являются устройствами коллективного доступа. На обеих ПЭВМ установлена многопользовательская операционная система типа UNIX 386/ix, оснащенная дополнительными пакетами программ.

Все ЭВМ связаны с локальной сетью типа JINET /5/, что позволяет работать практически с любой большой ЭВМ ЦВК ОИЯИ (например, ЕС1037, ЕС-1061, ЕС-1066, CDC-6500, VAX-8350, microVAX-II). В дальнейшем все показанные на рис.1 ЭВМ будут подключаться к более быстрой (10 Мбод), запущенной в ОИЯИ, локальной сети типа ETHERNET.

Рабочие станции на базе PC АТ-286 либо отдельные терминалы связаны через локальную сеть JINET и, в дальнейшем, ETHERNET с помощью таких пакетов программ, как PROCOMM, KERMIT, UUCP, PC/TCP, PC NFS, PC Xsight, DECNET-DOS и др. (с помощью этих пакетов осуществляется также удаленный запуск заданий). В качестве операционной системы для них используется стандартная система MS-DOS. Все рабочие места оснащены необходимым набором внешних устройств.

Предполагается оснастить комплекс 8- или 16-процессорной подсистемой параллельных вычислений, построенной на основе 32/64-разрядных микропроцессоров (например, на транспьютерах T800) с многопользовательским доступом через локальную сеть ETHERNET или JINET.

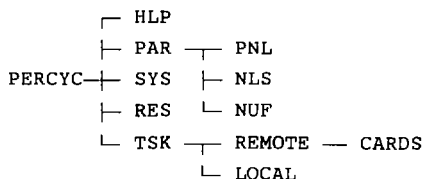
Типовая производительность такой подсистемы параллельных вычислений составит не менее 8-20 млн. операций с плавающей запятой двойной точности в секунду.

Интегрированная система "PERCYS"

В работах /1,6,7/ описывается комплекс программных средств, разрабатываемых в Отделе новых ускорителей ЛЯП ОИЯИ, для автоматизации процесса компьютерного моделирования ускорителей заряженных частиц. Этот комплекс получил в дальнейшем название "PERCYS" (или "PERsonal CYClotron"). Система "PERCYS" является основным связующим звеном для моделирующих

Система "PERCYC" взаимодействует с пользователем посредством разветвленного набора иерархических меню и обладает некоторыми сервисными функциями. Например, позволяет "настраивать" структуру данных на конкретное окружение, имеет встроенные контекстно-чувствительные подсказки, разъясняющие операции, вызываемые на любом уровне меню. Осуществляет поиск комментария для идентификатора, вводимого пользователем при желании получить подсказку по интересующему его вопросу. Идентификатором может являться наименование параметра, моделирующего задания либо один из пунктов меню.

Другой сервисной функцией является "USER"-меню, т.е. меню внешних, наиболее часто используемых пользователем программ (редакторов, компиляторов, других наиболее часто употребляемых пакетов програми). Как и shell-"оболочка" MS-DOS все сервисные функции вызываются на любом уровне меню системы "PERCYC". Данные и программы организованы в директории, которые имеют следующий вид:



Основное назначение перечисленных директорий следующее:

- PERCYC - Для основных файлов системы.
- HLP - Для файлов, содержащих подсказки и комментарии.
- PAR - Для файлов, где находятся исходные параметры (PNL, NLS, NUF - директории для параметров, представленных в определенном формате).
- SYS - Для служебных файлов системы.
- TSK - Для моделирующих заданий: для ПЭВМ-LOCAL, для ЦВК-REMOTE.
- RES - Для результатов расчетов.
- CARDS - Для управляющих карт "REMOTE"-заданий.

Графическая система отображения, которая используется как для препроцессора, так и для постпроцессора, содержит

ряд пакетов, часть из которых подготовлена специально для "PERCYS". Это касается, например, вновь созданной программы PLOT. Программа, написанная на языке Turbo-Pascal, позволяет одновременно обрабатывать несколько файлов, каждый из которых содержит информацию в виде текстовых таблиц. Стандартные пакеты STATGRAPHICS /8/, SURFER /9/, GRAPHER и др. используются для математической обработки данных и представления результатов в виде трехмерных графических объектов. Для трехмерного отображения конфигурации магнита и токовой обмотки служат программы MAGDIS и IZOM /10/. При помощи MAGDIS строится изображение без удаления невидимых линий, а с помощью программы IZOM с удалением.

Проблемно-ориентированные пакеты программ

Проблемно-ориентированные пакеты программ являются основной компьютерного моделирования. Ниже кратко характеризуется комплекс программ, используемых для численного моделирования на ЭВМ циклотронной установки в ее наиболее существенных чертах, относящихся к магнитной системе, ускоряющему ВЧ-полю, динамике пучка и расчету напряжений и деформаций для сверхпроводящих магнитов.

В комплекс входят программы по расчету магнитной системы - MAGNET, ускоряющего ВЧ-поля - RF, динамики пучка - BEAM, а также программа SAPV (Structure Analysis Program) для решения задачи о напряженно-деформированном состоянии установки.

Моделирование магнитной системы проводится для того, чтобы облегчить и ускорить выбор параметров магнита в процессе проектирования и их коррекцию в ходе экспериментальных исследований, используя методы расчета и программы, рассмотренные в /11,12/.

Первоначальное определение параметров магнитной системы по заданным динамическим характеристикам пучка выполняется по программе PAMC /13/ в предположении равномерного намагничивания магнитопровода. Расчет пространственной конфигурации магнита с учетом эффектов насыщения производится при помощи программ MAGSYS /10/, GFUN3D /14/ (метод объемных интегральных уравнений) и КОМПОТ /15/ (дифференциальный метод, конечные элементы).

Для оптимизации выбора и коррекции параметров магнита

применяется программа PISA /16/, оказавшаяся достаточно эффективной в условиях циклотронной установки.

Литература

1. Ворожцов С.Б. и др., ОИЯИ, Р9-87-457, Дубна, 1987.
2. Карлов А.А., Ломов А.К., Смолякова Т.Ф., О вычислительной мощности персональных ЭВМ, ОИЯИ, Д10-89-70, Дубна, 1989.
3. Goossens M., Personal Workstations and their Interconnections, CERN-DD/89/3.
4. Brun R., Couet O., Vandoni C.E., Zanarini P., PAW, A general purpose portable software tool for data analysis and presentation, CERN-DD/89/17.
5. Говорун Н.Н. и др., ОИЯИ, Д11-86-702, Дубна, 1986.
6. Ворожцов С.Б. и др., ОИЯИ, Р9-87-671, Дубна, 1987.
7. Ворожцов С.Б. и др., ОИЯИ, Р9-88-416, Дубна, 1988.
8. StatGraphics v 3.0, User's Guide, STSC Inc., 1988.
9. Surfer, User's Guide, Golden Software Inc., 1988.
10. Борисовская Э.В. и др., ОИЯИ, Б1-9-85-232, Дубна, 1985.
11. Воржцов С.Б., в сб.: Труды Международной школы молодых ученых по проблемам ускор. заряд. частиц, ОИЯИ, Д9-84-817, Дубна, 1984.
12. Ворожцов С.Б., ОИЯИ, 9-86-19, Дубна, 1986.
13. Vorozhtsov S.V., Kalinkina M.V., Saenko V.A., In: Proc. of the Conf. on Computation of Electr. Fields, Graz, Austria, 1987.
14. Armstrong A.G., et. al., RL-76-029/A.
15. Н.Н. Дойников и др., НИИЭФА, Л-Б-0741, Ленинград, 1986.
16. Halbach K.A., In: Proc. of the Conf. on Magnet Techn. Oxford, UK, 1967, p.47.

Рукопись поступила в издательский отдел

21 февраля 1991 года.