



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-86-786

**Н.Н.Говорун, И.И.Евсиков, И.М.Иванченко,
З.М.Иванченко, Н.Н.Карпенко, Д.А.Кириллов,
П.В.Мойсенз, В.В.Пальчик**

**ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ
МАССОВЫХ ПРОЦЕССОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ,
СБОРА И ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ЭВМ**

Направлено в журнал "Программирование"

1986

Традиционная схема прохождения массовых процессов обработки данных на ЭВМ сводится к многократному повторению трех взаимосвязанных шагов: подготовка задания пользователем, запуск задания, счет. Эта схема, выработанная для этапов конструирования и отладки алгоритмов, обеспеченная стандартными средствами операционных систем, оказывается неадекватной применениям мощных ЭВМ коллективного пользования для реализации массовых процессов в физических экспериментах, которые на современном этапе и в прогнозируемой перспективе^{/1/} имеют по своим масштабам индустриальный характер.

При выработке методики и соответствующего программного обеспечения массовых процессов одним из доминирующих критериев является количество накапливаемой информации (системы управления экспериментом в реальном масштабе времени) или число моделируемых и обрабатываемых событий за единицу календарного времени. При этом должно удовлетворяться условие высокого уровня автоматизации процессов.

В данной работе рассматриваются методы и средства, которые, в отличие от функционального наполнения, определяющего достоверность и точность получаемых результатов, обеспечивают, в основном, производительность системы обработки и такие ее эксплуатационные характеристики, как надежность, экономичность и т.д.

В этой работе термин "надежность" обозначает количественную меру отсутствия отказов^{/4/} или позитивное свойство^{/3/} системы, предполагающее в случае появления ошибок от различных источников (сбоев аппаратного оборудования, ошибок оператора и пользователя, ошибок программного обеспечения) обнаружение и локализацию ошибок, исправление ее последствий автоматически или с привлечением человека, или, по крайней мере, минимизацию ущерба, наносимого этой ошибкой пользователям.

Принципиальными моментами рассматриваемого решения проблемы являются автосопровождение базы данных, организация входных/выходных сохраняемых очередей наборов данных (работа с сериями магнитных лент), внутрипрограммная организация контрольных (узловых) точек. Важную роль в повышении эффективности и устойчивости массовых процессов играет также применение устройств массовой памяти (УМП), занимающих промежуточное место между ОЗУ и накопителями на магнитных лентах.

Первые из указанных моментов позволяют за счет дополнения или замены средств штатных операционных систем освободить физика-пользователя от алгоритмизируемых функций в контуре управления массовыми процессами, повысить сбоеустойчивость системы массовой обработки. Использование же УМП позволяет радикально уменьшить участие оператора при реализации процессов моделирования и обработки данных.

Автосопровождение базы данных (АБД) предполагает возложение на программу функций формирования и использования статусного файла базы данных. Благодаря этому система обработки замыкается в рамках оператор - ЭВМ. Производным качеством АБД становится инвариантность стартовой процедуры, без чего такое замыкание было бы невозможно. Понятие автосопровождения базы данных прямо связано с фундаментальной концепцией независимости из общей теории систем ^{12/}. Согласно этой концепции, высокочастотная динамика системы заключается в единичных компонентах, а межкомпонентные взаимодействия ограничиваются низкочастотной динамикой. В условиях использования ЭВМ с мертвым временем автосопровождение не только освобождает физика-пользователя от рутинных трудоемких операций по обслуживанию стохастического потока запросов системы, но и значительно повышает производительность благодаря устранению замедляющих факторов, связанных с высоким коэффициентом вариации интервалов на обслуживание.

Современные эксперименты в области физики высоких энергий характеризуются большими объемами первичных экспериментальных данных, требующих длительного времени для их обработки на ЭВМ. Например, в экспериментах на установке БИС-2 ^{16/} для заполнения одной первичной ленты в экспозициях на протонном синхротроне У-70 достаточно 20-25 минут астрономического времени, а только первичная обработка данных с одной ленты требует не менее 3 часов процессорного времени на ЭВМ ЕС-1061. При таких характеристиках процесса и с учетом тенденции их эволюции весьма плодотворным является обеспечение работы с входными/выходными очередями магнитных лент, т.е. обеспечение работы без вмешательства пользователя с многотомным набором данных. В рамках такого подхода пользователем декларируется список номеров входных/выходных магнитных лент, а программа буферизует заявки и по мере необходимости обращается к оператору с запросами об установке новых лент.

Такая система программного сопровождения массовых процессов, включающая автосопровождение базы данных и обеспечение работы с сохраняемыми входными/выходными очередями наборов данных достаточно адекватна требованиям, предъявляемым к организации массовых процессов на ЭВМ.

Автосопровождение массового процесса в упрощенном виде может быть проиллюстрировано на примере моделирования экспериментальных

данных. Этот процесс включает генерирование и запоминание событий, накопление статистических распределений. В качестве носителя сгенерированных событий используем магнитные ленты. В минимальном объеме статусный файл базы данных содержит значение случайного числа, номер записанного рекорда, имя и указатель текущей магнитной ленты, а также описание серии магнитных лент. В начале выполнения очередного задания программа считывает статусный файл, используя его содержимое, настраивает датчик случайных чисел, запрашивает и позиционирует магнитную ленту, считывает файл накапливаемых статистических распределений. Для записи/считывания последнего используются программы HSTORE/HFETCH стандартного пакета HBOOK ^{18/}, а для настройки стандартного датчика случайных чисел RNDM - программы REMOUT/RDMIN ^{17/}. В конце выполнения задания содержимое статусного файла и файла статистических распределений запоминается на машинных носителях типа накопителей на магнитных дисках.

При таком подходе за пользователем остаются функции общего контроля процесса. Эффективность системы с АБД и входными/выходными очередями многотомных наборов данных, в которой устранены дестабилизирующие факторы, связанные с ролью пользователя в качестве активного звена в контуре обслуживания системы, полностью определяются надежностью штатных средств ЭВМ (аппаратного оборудования, программного обеспечения и т.п.).

Рассмотренные средства программного автосопровождения (МОПАС), используемые при реализации массовых процессов, скачкообразно улучшают эффективность как в идеализированном режиме работы ЭВМ коллективного пользования, так и в реальных условиях: при невысокой надежности отдельных звеньев операционной системы, когда случайный сбой оборудования приводит к фатальной ошибке; мультисканальной, многоступенчатой процедуре заказа и доставки магнитных лент на ЭВМ; недетерминированному аннулированию системных очередей заданий.

Для уменьшения потерь ресурсов из-за ошибок операционной среды набор функций МОПАС дополняется организацией узловых точек процесса. Это понятие связано с проблемно-ориентированным решением задачи организации контрольных точек ^{4/}. Использование для этих целей универсальных средств, которые имеются во всех современных операционных системах, приводит в условиях реальной актуальности этой проблемы к обратному эффекту - снижению надежности. Это объясняется использованием в рамках универсального решения задачи ресурсоемких, неустойчивых операций, связанных с дампом памяти - передачей больших массивов информации между различными уровнями запоминающих устройств ЭВМ. В предлагаемом решении организация узловых точек сводится к за-

поминанию статусного файла не только в конце, но и периодически по ходу выполнения задания. Базисный интервал времени между узловыми точками процесса определяет максимальные потери процессорного времени при фатальных ошибках, проявляющихся в зависании операционной системы или аварийном завершении задания. Значение величины базисного интервала уменьшается до предела, пока накладные расходы, связанные с организацией узловых точек, не становятся значимыми. В системах обработки, включающих МОПАС, на ЕС ЭВМ базисный интервал выбран равным трем минутам процессорного времени. Внутрипрограммная организация узловых точек предполагает периодическое согласование, вообще говоря, асинхронных субпроцессов посредством завершения в этой точке элементарных шагов всех субпроцессов.

Отметим другие аспекты, относящиеся к МОПАС, которые улучшают, хотя и не столь радикально, как ранее рассмотренные, эксплуатационные свойства систем обработки.

Организация окончания задания не только на семантической основе, например, после обработки заданного количества информации, но и по времени, задаваемом по умолчанию или в явном виде на уровне языка управления заданием. Для временного контроля можно использовать стандартную программу TIMEL, обеспечивающую доступ к таймеру на уровне языка программирования.

Завершение задания по инициативе оператора, например, посредством периодического сканирования семафоров на уровне прикладной программы. Такое повышение управляемости обеспечивает, в частности, возможности для использования заданием дополнительных ресурсов в фоновом режиме.

Три последние задачи весьма близки по методике решения, включающего завершение элементарных шагов субпроцессов и запоминание статусного файла.

Использование в качестве буферных устройств накопителей на магнитных дисках в рамках виртуализации серии магнитных лент. По сравнению с аналогичным решением, так называемым стагированием^{5/} серии магнитных лент, метод виртуализации, обеспечивая столь же радикальное снижение привлечения оператора для обслуживания системы, является более ресурсосберегающим благодаря параллельно-последовательной организации однократной обработки многотомных наборов данных. Следует отметить, что стагирование с применением УМП имеет несомненные преимущества в другом классе задач, при многократной обработке одних и тех же наборов данных, например, при исследованиях и отладке математического обеспечения.

Рассматриваемый подход разработан и прошел многолетнюю проверку в достаточно полном объеме при реализации массовых процессов в цикле

исследований очарованных частиц в поисковых экспериментах на установке БИС-2^{6/}. В процессе разработки, использования и развития систем сбора данных (систем управления экспериментом в реальном времени) и систем массовой обработки накопленной информации были унифицированы как функциональные программы (распознавания и определения параметров событий, калибровки дискретных траекторных детекторов, машинной графики, обмена информацией), так и средства МОПАС. Некоторые отличия вариантов МОПАС определяются не столько различием используемых средств вычислительной техники (обработка базируется на CDC-6500, ЕС-1033, 1035, 1040, 1045, 1055, 1060, 1061, а система сбора^{9/} - на ЕС-1040) сколько разным статусом операторского обслуживания: в системе сбора оно осуществляется физиками-пользователями, в системе обработки - штатной службой ЭВМ. Разница в вычислительной технике проявилась существенно только между ЕС-1061 с одной стороны и остальными машинами с другой. И это отличие заключается главным образом в том, что на ЕС-1061 система работает с развитыми средствами виртуализации магнитных лент и является самой высокопроизводительной и одной из самых надежных из указанных.

Следует отметить устойчивость (широкое плато в многомерном пространстве параметров операционной среды) количественной характеристики эффекта МОПАС. Даже при больших вариациях надежности операционной среды производительность системы обработки слабо меняется. Это явление имеет простой механизм, прямо связанный с человеческим фактором в системах массового обслуживания такого масштаба и сложности.

При повышении надежности операционной среды и, в частности, связанного с этим повышением комфорта терминалов и детерминированности потока выходных данных (результатов счета) увеличивается количество небольших задач, и, следовательно, при рациональной дисциплине диспетчеризации^{1/} система обработки (как времяемкое задание) неуклонно вытесняется в третью (ночную) смену и на выходные дни. В этих условиях эффект системы МОПАС достигается благодаря ее первым двум фундаментальным составляющим: автосопровождению базы данных и обеспечению сохраняемых очередей входных/выходных многотомных наборов данных.

При снижении надежности операционной среды эффект системы МОПАС достигается, в основном, благодаря ее третьей составляющей - организации узловых точек, обеспечивающей минимизацию потерь при отказах ЭВМ. Важную роль играет также виртуализация магнитных лент, так как позволяет снизить нагрузку на оператора, связанную с установкой магнитных лент при каждом запуске задания.

Неустойчивый характер операционной среды порождает так называемый парадокс МОПАС - локальное увеличение производительности массовой обработки на ЭВМ коллективного пользования при снижении надеж-

ности операционной среды. Это объясняется сочетанием достоинств МОПАС и внешних факторов - падения популярности ЭВМ на этот период у терминальных пользователей и сокращением количества задач, процесс решения которых объективно предполагает активную роль человека.

Заключение

В статье изложены результаты разработок, первоначальной целью которых было, не снижая производительности системы обработки данных, избавить физика-пользователя от тяжелой, кропотливой, неинтересной работы в контуре функционирования системы массовой обработки с низким уровнем детерминированности основных характеристик. При традиционном подходе организации массовой обработки система принадлежит классу, в котором пользователь рассматривается как часть системы со статусом отдельного компонента. При этом разработка обеспечения эффективного интерфейса является ^{ИД} достаточно сложной самостоятельной проблемой.

В рамках рассмотренного подхода сокращаются потери различного рода ресурсов, устраняется неэффективная кооперация, обеспечивается повышение скорости и надежности прохождения массовых процессов как в идеализированных условиях, так и в реальных, когда было достигнуто устойчивое 5-6-кратное увеличение производительности системы массовой обработки по сравнению с традиционным подходом.

Авторы выражают благодарность М.Г.Мещерякову и С.А.Щелеву за поддержку и постоянный интерес к работе, М.Ф.Лихачеву и всем участникам сотрудничества БИС-2 за всемерное содействие на всех стадиях создания и использования средств программного автосопровождения процессов сбора и обработки экспериментальных данных, В.Е.Аниховскому В.В.Коренькову, Н.В.Матвеевко и сотрудникам группы, обеспечивающих обслуживание ЕС ЭВМ ЦВК ОИЯИ, за всестороннюю помощь при внедрении рассмотренных средств.

Литература

1. Computing at CERN in the LEP Era. CERN, Geneva, 1983.
2. Саймон Г. Науки об искусственном. М., "Мир", 1972.
3. Цикритзис Д., Бернстайн Ф. Операционные системы. М., "Мир", 1977.
4. Майерс Г. Надежность программного обеспечения. М., "Мир", 1980.
5. IBM USER'S GUIDE. CERN, DD/US/4, GENEVA, 1983.

6. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, I-84-457, Дубна, 1984.
7. а) Program Library, CERN, Geneva, 1975.
б) Галактионов В.В. и др. ОИЯИ, Б2-II-9877, Дубна, 1977.
8. Brun R., Ivanchenko I., Palazzi P. JINR, D10, 11-11264, p.79, Dubna, 1978.
9. Евсиков И.И. и др. Математическое обеспечение неоднородной распределенной вычислительной системы для экспериментов в области физики высоких энергий. В кн.: IV Всесоюзный семинар по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях. Изд. ИФВЭ, Протвино, 1986, с.76.
10. Draper Stephen W., Norman Donald A. Software engineering for user interfaces. In: Proc. 7th Int. Conf. Software Eng., Orlando, Fla, 26-29 March, 1984. New York, 1984, p.214-220.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 декабря 1986 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Говорун Н.Н. и др.

P10-86-786

Вопросы организации массовых процессов моделирования, сбора и обработки экспериментальных данных на ЭВМ

Рассмотрены подход, методы и программные средства эффективной организации массовых процессов для класса задач моделирования, сбора и обработки экспериментальных данных на ЭВМ коллективного пользования. В рамках данного подхода обеспечивается радикальное повышение надежности и производительности массовых процессов для широкого диапазона изменения характеристик операционного окружения. Рассматриваемые принципы иллюстрируются на примере системы обработки данных с крупномасштабной установки - спектрометра БИС-2 ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Govorun N.N. et al.

P10-86-786

Problems of Organization of Mass Processes of Simulation, Acquisition, Processing of Experimental Data on Computers

The approach, methods and program means of effective organization of mass processes for problems of simulations, acquisition and processing of experimental data on multiuser computer were considered. In the frames of this approach the efficient increase of reliability and productivity of mass processes for a wide range of alternations of operating surrounding characteristics is provided. The considered principles are illustrated on an example of data processing from the BIS-2 large-scale spectrometer, JINR.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986