

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-87-193

**В.Е.Аниховский, Н.Н.Говорун, В.Н.Евсина,
И.И.Евсиков, З.М.Иванченко, И.М.Иванченко,
Н.Н.Карпенко, Д.А.Кириллов, М.Ф.Лихачев,
В.В.Пальчик, С.А.Щелев**

**АВТОСОПРОВОЖДЕНИЕ МАССОВОЙ ОБРАБОТКИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ЕС ЭВМ**

Направлено в журнал "Приборы и техника
эксперимента"

1987

Массовая обработка экспериментальных данных предполагает разработку приемов, методов и соответствующего программного обеспечения, которые объединяются понятием автосопровождение массовых процессов (МОПАС) /1/.

Базисные варианты МОПАС обеспечивают программное сопровождение базы данных с сохраняемыми очередями многотомных информационных наборов. При этом физик-пользователь освобождается от трудоемких операций по обслуживанию стохастического потока запросов системы, а скорость обработки возрастает благодаря сосредоточению высокочастотной динамики системы в единичных компонентах.

Производительность такой обрабатываемой системы, в которой устранены внешние дестабилизирующие факторы, полностью определяется дисциплиной обслуживания и надежностью операционной среды. В тех случаях, когда надежность операционной среды недостаточно высока, набор функций МОПАС расширяется средствами обнаружения и локализации ошибки, исправления ее последствий автоматически или с привлечением человека, уменьшения потерь, вызванных этой ошибкой, восстановления запросов на обслуживание при аварийном окончании задания.

Здесь рассматривается организация процессов обработки данных с установки БИС-2 /2/, включающая автосопровождение с виртуализацией магнитных лент - основных носителей информации. Величина объема первичной информации и требуемых вычислительных ресурсов для ее обработки обуславливает массовость процессов. Только в одном сеансе (экспозиция на У-70 ИФЭ) многолетнего цикла экспериментов с применением спектрометра БИС-2 было записано около 600 лент по 50 тыс. многолучевых событий на ленте. Время центрального процессора для первичной обработки одного события составляет не менее 0,2 с на ЭВМ ЕС-1061.

Массовая обработка данных связана с использованием накопителей на магнитных лентах (НМЛ). Главными достоинствами этих носителей ин-

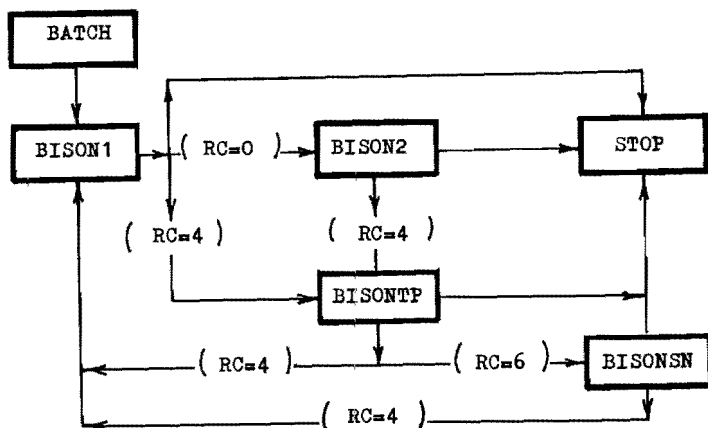
формации являются высокая емкость и приемлемая скорость обмена. Эти достоинства и явились основными предпосылками архивизации экспериментальных данных на магнитных лентах. Массовая обработка информации сводится к выполнению трех основных функций: выборки исходных наборов данных из архива, собственно обработки, передачи в архив результирующих наборов данных. При безбуферной обработке все указанные функции реализуются синхронно как единый процесс, надежность которого определяется самым слабым звеном - обменными операциями с архивом. При сбалансированных характеристиках ЭВМ, таких, как скорость ЦП, объем оперативной и дисковой памяти, последнюю можно использовать в качестве виртуального представления ленточных наборов данных. Выделение функций доступа к архиву, имеющих ряд специфических особенностей по сравнению с обработкой, в отдельный, относительно самостоятельный процесс с созданием на дисках квазиперманентных, локальных файлов и составляет сущность понятия виртуализации магнитных лент. Задача полной буферизации включает как перенос набора данных из архива на диск, так и передачу результирующей информации с диска в архив. Эффекты буферизации для входных-выходных информационных потоков имеют разную степень значимости. Если из-за ограниченности ресурсов дисковой памяти не допускается полное решение задачи, то для процедуры массовой обработки более предпочтительной является виртуализация результирующих магнитных лент.

Буферизация входных-выходных информационных потоков позволяет исключить следующие недостатки, присущие системе безбуферной обработки данных:

1. Необходимость нескольких свободных лентопротяжных устройств.
2. Неоднородность записей на одной МЛ, связанная с использованием разных устройств в процессе обработки информации.
3. Повышение вероятности отказа НМЛ из-за протяженного во времени использования этих устройств.
4. Отсутствие оперативного контроля стандарта записи (взаимозаменяемости НМЛ).
5. Необходимость при каждом запуске задания устанавливать магнитные ленты.

При безбуферном непосредственном доступе к архиву входных-выходных данных потери ресурсов особенно велики при сочетании таких негативных явлений, как нарушение стандарта записи и задержанный выход НМЛ из строя. При таком сочетании возникает нештатная ситуация, при которой обесцениваются все достоинства автосопровождения.

Массовая обработка сводится к многократному повторению так называемого гиперзадания, фазы, схема которой показана на рисунке.



Фаза процесса включает следующие компоненты:

- BATCH - инвариантная старт-процедура, начало очередной фазы процесса;
- BISON1 - головное задание фазы, задание обработки;
- BISON2 - вторичное задание обработки, которое может отличаться от BISON1 набором директив;
- BISONTP - задание для реализации обмена информацией между различными уровнями вторичной памяти (диск-лента) в рамках текущей серии лент;
- BISONSN - задание для инициализации новой серии магнитных лент;
- STOP - конец фазы (RC - код возврата).

Переход к новой фазе процесса осуществляется без участия пользователя, а переход к новому заданию в рамках одной фазы и без вмешательства оператора: при благоприятном состоянии операционной среды задание, оканчиваясь, запускает следующее, так что только внешние причины могут остановить процесс. Задания одной фазы подразделяются по функциональному принципу на два класса. К первому относятся задания обработки, ко второму - задания, связанные с виртуализацией магнитных лент. Каждый класс разделяется на подклассы. Цель разбиения заданий первого класса - повышение гибкости и обеспечение возможности параллельного проведения методических исследований на фоне процесса массовой обработки. Задания второго класса подразделяются на два типа. Цель этого разбиения - обеспечить максимальную независимость и

асинхронный характер процессов обработки (функция ЭВМ) и подготовки входных/выходных очередей наборов данных (функция пользователя). В системе обработки основными элементами базы данных являются внутренняя (текущая) и внешняя (новая) серии лент. Описание серий в последовательных файлах OLDQ и NEWQ может модифицироваться с помощью текстового редактора. Сопровождение базы данных, включающее обновление ее статусного файла в узловых точках процесса, осуществляется на уровне заданий обработки для одного файла исходных данных, связанных с ним двух файлов результирующих данных и файла контрольной информации - результатов статистической обработки. Обновление файла контрольной информации не производится во внутренних узловых точках: ущерб от потери контрольной информации считается меньшим ущерба от аварийного завершения задания, провоцируемого сбросом файла контрольной информации на диск. Результирующие файлы, разделяемые ленточной маркой, записываются на одну магнитную ленту. Обслуживание текущей серии лент, включающее копирование исходных данных с ленты на диск и результирующих - с диска на ленту, осуществляется заданием BISONTP. По окончании текущей серии вызывается задание BISONSN, переводящее внешнюю серию в статус текущей. Субпроцессы, реализуемые отдельными заданиями, координируются с применением кодов возврата, которые в фортранных программах вырабатываются с помощью оператора STOP N, где N - значение кода возврата. В случае аварийного завершения задания на консоль выдается соответствующая диагностика и осуществляется задержанный самозапуск посредством автоматической постановки во входную системную очередь заданий.

Динамическая настройка, управление программами производится на языке директив. В качестве языкового процессора используется стандартная программа FFRPAD. Для обеспечения процессов обмена информацией между различными уровнями памяти применяется пакет программ IOPROG^{/3/}. Обработка экспериментальных данных (распознавание и определение параметров событий) осуществляется соответствующими функциональными модулями системы БИЗОН^{/4/}. Для статистической обработки используется пакет NBOOK^{/5/}. При написании программ применялись Фортран-77 и язык Ассемблера ЕС ЭВМ.

Структура системы

Характерной особенностью структуры системы является децентрализованная организация ассоциированных заданий. Автоматическая связь по управлению между заданиями включает три основных элемента: последовательное соединение (следование), ветвление и повторение (цикл). Основной системы является единая база данных.

Первоначальный запуск системы обработки осуществляется пользователем посредством задания `VISONSN`. В нормальном режиме это задание вызывается в рамках фазы процесса автоматически в конце обработки серии лент.

Очередная фаза массовой обработки начинается с помощью инвариантной start-процедуры `WATSN`, которая позволяет оператору одной картой (эта перфокарта всегда находится в зале ЭВМ) запускать весь комплекс программ.

На первом шаге головного задания фазы осуществляется обработка информации. После выполнения этого шага имеем один из кодов возврата:

- `RC=0` - исчерпано время выполнения задания;
- `RC=4` - завершена обработка тома исходных данных;
- `RC=8` - окончание по команде оператора;
- `RC=12` - превышено пороговое значения количества контролируемых ошибок;
- `RC=13` - испорчен структурный элемент базы данных.

Аварийный код завершения.

При неудовлетворительном состоянии операционной среды или по команде оператора фаза завершается. Иначе, по заданию кода возврата осуществляется запуск ассоциированных заданий, которыми могут быть задания для продолжения обработки или архивизации, включающей процессы обмена на лента-диск, диск-лента. Запуск ассоциированных заданий осуществляется программой, которая позволяет вызывать и запускать задания, хранящиеся в форме разделов библиотеки пользователя или в виде последовательных файлов.

Реализация обработки в рамках двух типов заданий позволяет осуществлять выборочный контроль обработки. Разбиение процесса обработки в рамках одной фазы на последовательность заданий повышает приоритет заданий и снижает вероятность потерь контрольных результатов при неустойчивой работе операционного окружения.

В начале выполнения заданий обработки решаются две задачи: позиционирование файлов и упреждающая проверка состояния оборудования - накопителей на магнитных дисках. Решение этих задач совмещено. Вместо специальных групповых операций позиционирования файлов, предусмотренных в пакете `IOPROG`, используется последовательность операций чтения, в процессе выполнения которых подсчитывается количество ошибок при обмене. Пороговое число ошибок при оценке состояния вторичных запоминающих устройств определяется выражением

$$L = \text{MAX}(\text{INT}(N * D + 0,5), N_0)$$

здесь N - количество обменов,

D, N_0 - феноменологические константы, характеризующие соответственно предельно допустимый уровень ошибок в группе и абсолютное количество ошибок на начальном этапе процесса контроля. В рассматриваемой системе обработки $D=0,005$; $N_0=2$. В случае упреждающей проверки N известно заранее и L - постоянная интегральная характеристика. В ряде других случаев, когда требуется выполнение условия квазиравномерного распределения ошибок или заранее неизвестно общее количество обменов в группе, значение N полагается равным текущему количеству обменов.

Для автоматического устранения последствий случайных сбоев при вводе-выводе данных реализуется принцип повторного выполнения операции обмена. Для обеспечения необходимой гибкости пороговое значение кратности операции выбирается равным произведению величин, устанавливаемых на уровне базовых средств (модули операционной системы или пакеты программ) и проблемной программы. В доминирующем числе случаев (80%) устранение ошибки операций обмена с буферной памятью достигалось повторным выполнением операции без перехода на другой дисковод. Неустраняемая на выполняемом шаге ошибка обмена приводит к завершению задания с соответствующей диагностикой. При любом деструктивном воздействии на элементы базы данных, хранящиеся в буферной памяти, производится восстановление базы данных посредством повторного копирования файлов из архива.

Минимизация потерь машинного времени при аварийном завершении задания достигается за счет реализации узловых точек с интервалом в 2 минуты процессорного времени.

Автоматическое продолжение процесса обработки в рамках одной фазы осуществляется заданием `VISON2`. При благоприятном состоянии операционной системы это задание, оканчиваясь по времени (код возврата первого шага равен 0) или из-за сбоя оборудования, перезапускает самое себя. Выход из такого самоподдерживающегося циклического режима и окончание фазы процесса происходит при зависании операционной системы, превышении порогового значения контролируемых ошибок или по команде оператора.

В конце обработки набора исходных данных (код возврата первого шага равен 4) запускается задание `VISONTP`. На первом, функциональном шаге этого задания выполняется программа, которая обеспечивает передачу информации между различными уровнями вторичной памяти и работу с текущей серией магнитных лент. Она управляется указателем текущей ленты, хранящемся в статусном файле и списках номеров магнитных лент текущей серии. Копирование информации происходит в следующем порядке:

1. Считывается новый набор первичной информации с ленты на диск.
2. Записываются с диска на ленту результирующие файлы.

Двухшаговый процесс копирования информации лента-диск, диск-лента реализуется посредством смены томов на одном и том же лентопротяжном устройстве. На первом шаге программа обращается к оператору с просьбой установить ленту, указывает ее регистрационный номер и режим работы с защитой информации. Ошибочные действия оператора диагностируются. Процесс чтения контролируется с разделением ошибок данных и отказов оборудования. При появлении ошибки делается попытка ее исправления. При некорректируемой ошибке данных на магнитной ленте следует переход к считыванию следующего рекода. После нормального завершения копирования информации с ленты на диск программа разгружает ленту и просит оператора установить ленту для записи. Процедура обработки ошибок при записи информации имеет некоторые особенности. После нескольких неудачных попыток записи рекода на одно и то же место делается обход дефектной зоны (дорожка на диске, участок на ленте) и данные записываются в следующую зону. Промежуточных контрольных точек в задании BISONTR не делается: процесс считается элементарным и целесообразно упорядоченным, что в сочетании с применением одного и того же лентопротяжного устройства для считывания "эталонной" ленты и записи новой обеспечивает с высокой надежностью оперативный контроль стандарта записи.

При неустранимой ошибке устройства обмена или превышении допустимого уровня сбоев задание завершается с соответствующей диагностикой. Характер такого завершения предполагает вмешательство эксплуатационных служб ЭВМ для улучшения условий операционного окружения (смена лентопротяжного устройства и т.п.) и повторного запуска задания. Перезапуск задания BISONTR осуществляется оператором неявным образом, посредством единой старт-процедуры. При этом в явном виде запускается BISON1 - головное задание фазы. Далее на основании анализа статусной информации процесса автоматически запускается задание BISONTR.

Специфичной особенностью заданий, в рамках которых сосредоточены операции обмена с архивом, является диалоговый режим работы, связанный, в частности, с привлечением оператора для установки (смены) магнитных лент. Управление диалогом /6/ осуществляется проблемной программой при посредничестве и в терминах (ключевых словах) операционной системы. Если задание в среде ОС ЕС находится в ожидании обслуживания запроса больше некоторого времени (15 мин в используемых операционных системах), то операционная система принудительно завершает шаг задания (CC=522). В этом случае на заключительном шаге задания BISONTR осуществляется автозапуск-самопостановка во вход-

ную системную очередь. Этот же принцип реализуется при случайном сбое оборудования, вызывающем аварийное завершение задания. Этим достигается восстановление потерянных запросов на обслуживание, а в конечном счете - повышение надежности процесса обработки. С точки зрения теории массового обслуживания такая особенность соответствует восстанавливаемым системам с ненадежными каналами (приборами) обслуживания.

После нормального завершения процедуры виртуализации лент формируется статусный файл, и, если серия не закончилась, автоматически запускается задание BISON1.

При завершении текущей серии лент вызывается задание BISONSM, в процессе выполнения которого копируется информация с первой ленты на диск, и новая серия, декларированная в файле NEWQ, переводится в состояние текущей с занесением соответствующей информации в статусный файл базы данных. Повторное использование одной и той же информации с файла NEWQ автоматически блокируется занесением директивы INIT 2. Появление директивы INIT 2 во внешнем файле позволяет пользователю оценить ситуацию при пропадании распечатки контрольных результатов. Директива INIT играет роль двоичного семафора ^{77/} для согласования двух асинхронных процессов: работы пользователя (подготовка новой серии лент) и системы обработки. После подготовки (оформления заказа на доставку лент из лентохранилища в машинный зал) и декларирования серии пользователь заносит в файл директиву INIT 1 - признак готовности новой серии лент.

Рассмотренные методы и средства в отличие от функционального наполнения системы обработки, определяющего достоверность и точность получаемых результатов, прямо влияют на производительность системы и также ее эксплуатационные характеристики, как надежность, экономичность и т.п.

Успех в исследовании и конструировании алгоритмов автоматического сопровождения массовых процессов был достигнут, в частности, благодаря разработке и встраиванию в систему обработки специальных средств для наблюдения, протоколирования и анализа данных о реальном функционировании системы. Набор данных, соответствующий протоколу функционирования системы, представляет упорядоченные по времени записи содержимого статусного файла в моменты запуска и завершения заданий. Помимо паспортизации результирующих наборов данных, протокол позволяет получить информацию о временном режиме прохождения заданий, типах и частоте сбоев операционной среды, характеристиках завершения задач, причинах прерывания самоподдерживающегося режима прохождения заданий и т.п.

Заключение

В рамках рассматриваемого подхода пользователь освобождается от трудоемких функций по обслуживанию системы массовой обработки, повышается эффективность использования ресурсов ЭВМ, надежность функционирования системы и уровень автоматизации работы операторов. Применение обсуждаемых средств повышает скорость массовой обработки на ЭВМ коллективного пользования, как в идеализированных условиях, так и в реальных, когда было достигнуто устойчивое 5-6 кратное увеличение производительности системы по сравнению с традиционным подходом.

Авторы выражают благодарность А.М.Балдину и М.Г.Мещерякову за всемерную поддержку методических исследований и разработок по повышению надежности и производительности систем обработки экспериментальных данных на ЕС ЭВМ - базовых вычислительных машинах ОИЯИ; И.Н.Силину за полезные обсуждения; участникам экспериментов на установке БИС-2 и сотрудникам групп, обеспечивающих эксплуатацию ЕС ЭВМ, за помощь при внедрении рассмотренных средств.

Литература

1. Говорун Н.Н. и др. Вопросы организации массовых процессов моделирования, сбора и обработки экспериментальных данных на ЭВМ. ОИЯИ, Р10-86-786, Дубна, 1986; Программирование, № 7, 1987, с.3.
2. Говорун Н.Н. и др. ОИЯИ, I-84-457, Дубна, 1984.
3. Евсиков И.И., Иванченко И.М. ОИЯИ, Р10-87-52, Дубна, 1987.
4. Говорун Н.Н. и др. Комплекс программ реального времени установки БИС-2 на линии с распределенной системой ЭВМ. ОИЯИ, Б1-10-86-118, Дубна, 1986.
5. Brun R., Ivanchenko I., Palazzi P., Lienart D. HBOOK, CERN, DD/US/72, Geneva, 1984.
6. Хусаинов Б.С. Программирование ввода-вывода в ОС ЕС ЭВМ на языке ассемблера. М.: Статистика, 1980.
7. Цикритзис Д., Бернштейн Ф. Операционные системы. М.: Мир, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 марта 1987 года.

Аниховский В.Е. и др.
Автосопровождение массовой обработки
экспериментальных данных на ЕС ЭВМ

Р10-87-193

Предложены методы и программное обеспечение эффективной организации массовой обработки экспериментальных данных на ЕС ЭВМ коллективного пользования. Применение предложенных средств иллюстрируется на примере системы анализа информации со спектрометра БИС-2 ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Anikhovskij V.E. et al.
Self-Support of the Mass Processing
of Experimental Data on the ES Computers

P10-87-193

The methods and program means of effective organization of mass processing of experimental data on multi-user ES (Unified System) computers have been proposed. The application of these means is illustrated by using the system of the information analysis from the BIS-2 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 1987