

УДК 681.321

ПРИМЕНЕНИЕ МИНИ-ЭВМ В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ТЕЛЕАВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

В.Г.Винокуров, В.В.Застела, В.М.Костелянский, А.А.Новохатный

В последние годы широкое распространение получили мини-ЭВМ — вычислительные машины, отличающиеся простой организацией и низкой стоимостью. Характерные особенности мини-ЭВМ: длина машинного слова — от 8 до 18 бит, форма представления чисел — двоичная с фиксированной запятой, небольшой набор арифметических и логических операций (умножение и деление обычно выполняются в расширенных конфигурациях), объем памяти, наращиваемый от 2-4 до 32-64 тысяч слов, цикл памяти 1-2 мксек и меньше, многоуровневая система прерывания, возможность подключения большого количества устройств ввода-вывода и каналов прямого доступа к памяти.

В 1970 г. мини-ЭВМ составили 28,6% всего парка ЭВМ в США [1]; ожидается, что к 1980 году эта цифра увеличится до 70%.

В СССР начат серийный выпуск мини-ЭВМ "М-6000", выполненных на интегральных микросхемах. "М-6000" входит в состав агрегатной системы средств вычислительной техники (АСВТ-М) [2].

В 1973 году планируется начать выпуск в составе (АСВТ-М) процессора с микропрограммным управлением. Составленные микропрограммы "проемиваются" в постоянной памяти. Мини-ЭВМ с микропрограммным управлением целесообразно применять там, где требуется

решать постоянные или редко изменяющиеся задачи. В этом случае при той же стоимости повышается эффективное быстродействие по сравнению с классическими мини-ЭВМ.

Мини-ЭВМ применяются в качестве автономных вычислителей для выполнения инженерных, научных и других расчетов (обычно в режиме диалога); в автоматизированных (или автоматических) системах сбора информации с технологических агрегатов; в испытательных стендах и установках для научного эксперимента; в системах цифрового управления технологическими процессами; как центры коммутации сообщений в системах передачи данных и т.п.

Ниже рассматривается применение мини-ЭВМ в телеавтоматических системах массового обслуживания (ТАСМО). Под ТАСМО будем понимать системы, предназначенные для хранения информации о ресурсах (например, о наличии мест в самолетах, в поездах, в гостиницах и т.п.) и для решения задачи распределения ресурсов между абонентами системы. Эта задача решается в реальном масштабе времени по запросам от территориально разнесенных абонентских пультов. Анализ ТАСМО показывает, что типичным для них является следующий набор задач:

- 1) композиция запроса и его редактирование на абонентском пульте;
- 2) передача запроса в центр обработки данных;
- 3) прием запроса в центре обработки данных, контроль и преобразование в вид, удобный для машинной обработки;
- 4) поиск требуемого ресурса и его выделение;
- 5) хранение выделенного ресурса "под паролем";
- 6) включение в систему вновь введенных или возвращенных ресурсов;
- 7) поиск справочной информации по хранящимся в системе таблицам (информации о рейсах, маршрутах и т.п.);
- 8) формирование ответного сообщения;
- 9) передача ответного сообщения в абонентский пульт;
- 10) выдача ответного сообщения на визуальную индикацию или на печать;
- 11) формирование и выдача оперативной информации о работе системы;
- 12) выдача на внешний носитель информации о функционировании системы с целью последующей статистической обработки и ра-

бочей информации для обеспечения возможности самовосстановления системы при сбое;

13) учет деятельности каждого абонента (для учетно-финансовых и других целей);

14) самоконтроль правильности функционирования ТАСМО.

Мини-ЭВМ могут быть применены на всех уровнях ТАСМО, то есть для решения каждой из упомянутых выше задач. Они, как правило, более эффективны, чем традиционные вычислительные средства.

Рассмотрим применение мини-ЭВМ в ТАСМО. Пусть центр обработки данных ТАСМО сконструирован из больших вычислительных машин. Тогда мини-машинки используются для реализации функций:

а) мультиплексоров ввода-вывода для связи с абонентскими пультами;

б) сателлитных подсистем обработки информации, выполняющих предварительную обработку сообщений перед вводом их в большую вычислительную машину и окончательную обработку сообщений, выданных большой машиной;

в) групповых устройств управления устройствами ввода-вывода;

г) каналов ввода-вывода больших вычислительных машин;

д) супервайзерных процессоров в вычислительной системе на основе одного или нескольких больших процессоров.

Если мини-ЭВМ используется в качестве мультиплексора ввода-вывода, то к ней подключены линии с абонентскими пультами, а также телеграфные линии связи. Сама мини-ЭВМ подключена в качестве устройства ввода-вывода к мультиплексорному или селекторному каналу центра обработки данных.

В этом случае мини-ЭВМ выполняет задачи (3) и частично (8) и (9) (с целью разгрузки мини-ЭВМ часть функций по приему и выдаче сообщений, их контролю и снабжению контрольной информацией может выполняться схемными средствами), а также осуществляет учет деятельности абонентов (13); если эта функция не выполняется периферийными средствами, то контролирует исправность линий связи и при их отказе имеет резервные пути для передачи сообщений адресату; обеспечивает согласование скоростей передачи информации по линиям связи.

При работе с многомашинным центром обработки данных мини-ЭВМ может выдавать принятые сообщения в две или несколько больших ЭВМ, а полученную от них информацию сравнивать между собой и при несовпадении либо формировать правильное сообщение по мажоритарному принципу (при трех и более больших ЭВМ), либо (при двух больших ЭВМ) блокировать выдачу сообщения абоненту и выдавать в большие ЭВМ сигналы об обнаруженной ситуации.

Для выполнения компоновки сообщений, посылаемого в центр обработки данных, мини-ЭВМ должна иметь память, объем которой равен:

$$V = K \cdot N,$$

где K — максимальное число одновременно работающих линий связи, N — максимальная длина одного сообщения в битах. Число K обычно определяется скоростными параметрами мини-ЭВМ и обратно пропорционально скорости передачи по линии связи.

Уменьшение объема оперативной памяти мини-ЭВМ достигается двумя способами:

1) передачей информации большой ЭВМ не целыми сообщениями, а частями (однако этот способ не уменьшает общий объем памяти в системе, а перераспределяет ее между мини-ЭВМ и большой ЭВМ);

2) накоплением сообщений во внешней памяти (при этом возникает необходимость выбора оптимального размера зоны, исходя из противоречивых требований уменьшения объема оперативной памяти, с одной стороны, и уменьшения дополнительных затрат времени процесса на обращение к внешней памяти, с другой стороны).

Помимо перечисленных функций, относящихся непосредственно к обмену информацией с линиями связи, мини-ЭВМ может дополнительно выполнять роль сателлитной машины, осуществляя простейшую обработку принятых и выдаваемых сообщений (синтаксический и семантический контроль, перекомпоновку, редактирование, сжатие информации, выдачу тривиальных ответов и многое другое), а также простейшую статистическую обработку или выдачу информации в архивы для последующей статистической обработки (в особом вычислительном центре или в этой же системе, но в свободное от обслуживания абонентов время).

Именно возможность выполнения одновременно с приемом-выдачей информации функций сателлитной машины и является одним из основных преимуществ мини-ЭВМ перед традиционным схемным

мультиплексором ввода-вывода. Другое важное преимущество - гибкость при выборе количества и типов подключаемых линий связи, порядка компоновки сообщений и т.п.

Учитывая постоянство набора задач и необходимость выполнения с большой частотой специальных обменных операций, не входящих в систему команд традиционных машин, целесообразно в качестве мультиплексора ввода-вывода в большинстве случаев применять мини-ЭВМ с микропрограммным управлением.

Расчеты показывают, что "М-6000" и микропрограммный процессор смогут обеспечить следующую суммарную пропускную способность без контроля (в кбайт/сек):

Вид обмена	"М-6000"	Микропрограммный процессор
побитный	1,5	8
побайтный	10	50

Применение мини-ЭВМ в качестве групповых блоков управления устройствами ввода-вывода для большой ЭВМ позволяет значительно сократить объем оборудования (по сравнению с оснащением каждого устройства ввода-вывода своим схемным устройством управления, как это делается в обычных системах IBM /360, ЕС ЭВМ и др) и, кроме того, расширить диапазон выполняемых функций. Например, мини-ЭВМ, управляющая магнитным диском, может принимать одновременно несколько запросов на поиск информации, минимизировать время поиска, производить некоторую обработку считанной с диска информации, разрешать коллизии, возникающие при одновременном обращении от нескольких больших машин и т.п. Все это существенно разгружает ЭВМ, повышает пропускную способность системы и снижает время прохождения запроса.

Использование мини-ЭВМ в качестве канала ввода-вывода и супервайзерного процессора позволяет разгрузить большую ЭВМ и, следовательно, повысить ее эффективную производительность. В отличие от ранее рассмотренных применений мини-ЭВМ, не требующих передаточных элементов в большой ЭВМ (достаточно лишь адаптера, обеспечивающего подключение мини-ЭВМ к сопряжению ввода-вывода большой ЭВМ), здесь необходима специальная разработка комплекса из большой

ЭВМ, и мини-машин - супервайзера.

Наконец, центр обработки данных ТАСМО можно построить в виде вычислительной системы из нескольких мини-ЭВМ (без использования больших ЭВМ). Такой вариант предпочтителен по сравнению с компоновкой центра обработки данных на базе больших ЭВМ по следующим причинам.

1) Характер задач, решаемых в ТАСМО, таков, что значительная часть вычислительных возможностей ЭВМ остается неиспользованной. Так, в программах системы "СИРЕНА-1", построенной на базе процессоров М-3000 АСВТ, из ассортимента в 143 команды используется около восьмидесяти. Не используется или почти не используется арифметика с плавающей запятой и десятичная арифметика, на реализацию которых затрачено большое количество оборудования.

2) Работа центра обработки данных в системе массового обслуживания обычно заключается в решении большого числа небольших задач. Если весь этот поток задач проходит через одну большую ЭВМ, то значительная доля времени процессора тратится на переключения между задачами, что существенно снижает производительность системы.

3) Вычислительная система из мини-ЭВМ может обладать значительно более высокой надежностью и живучестью, чем одна и даже две-три больших ЭВМ.

4) Распределение функций центра обработки данных среди образующих его мини-ЭВМ облегчает программирование и отладку программ.

Принципиально возможны два варианта вычислительной системы из однотипных мини-ЭВМ: однородная и неоднородная. В однородной системе [3,4] все входящие в нее мини-ЭВМ равноправны, распределение функций между ними производится динамически. Конфигурация связей обеспечивает возможность обмена информацией между любыми машинами в системе. Этот вариант обеспечивает высокую живучесть системы по отношению к выходу из строя отдельной ЭВМ, а также дает возможность повышать эффективную производительность системы путем оптимального перераспределения заданий между входящими в систему ЭВМ. Последнее особенно существенно для вычислительных центров, на которых обслуживается поток требований со случайными параметрами.

Как правило, в ТАСМО выполняется одно и то же задание и

поэтому можно априорно распределить функции между элементами системы, в качестве которых могут быть мини-ЭВМ и однородная система из нескольких мини-ЭВМ. Это позволяет делать всю систему неоднородной в том смысле, что она состоит из неодинаковых по вычислительной мощности и объему памяти элементов, соединенных между собой в соответствии с реальным направлением движения информации в системе. Такое построение системы упрощает аппаратуру для внутрисистемных связей и уменьшает затраты времени на передачи информации между машинами.

Различают два способа организации мультипроцессорной обработки ^ж): параллельный и каскадный (pipe-line).

В системе массового обслуживания наиболее целесообразна параллельная обработка — разделение распределяемых системой ресурсов между вычислительными машинами и направление запроса в соответствующую машину. Такая организация системы вызывает необходимость хранения всех программ в каждой машине (существующие мини-ЭВМ не позволяют одному процессору управлять несколькими процессорами на уровне выполнения машинных команд), что приводит к неэкономному расходованию памяти системы.

При каскадной организации системы заявка обрабатывается поочередно в нескольких ЭВМ, причем после того, как первая заявка передана от первой машины ко второй, первая машина начинает обрабатывать вторую заявку и т.д. Здесь вся программа обработки распределена между машинами, следовательно, линия памяти под программы не расходуется.

Разбиение процесса решения задачи на несколько последовательных фаз, так чтобы каждая фаза эффективно выполнялась одной мини-ЭВМ, возможно далеко не всегда. Например, в фазе поиска и выделения требуемого ресурса может потребоваться оперативная память, превышающая объем оперативного запоминающего устройства одной мини-ЭВМ. Следовательно, в этих случаях наиболее экономична смешанная каскадно-параллельная обработка. Сущность ее заключается в том, что задача разбивается на фазы, каждая из которых выполняется на одной или нескольких параллельно включенных мини-ЭВМ (рис.1).

^ж) Оба способа обработки информации могут быть реализованы в однородных вычислительных системах [4].

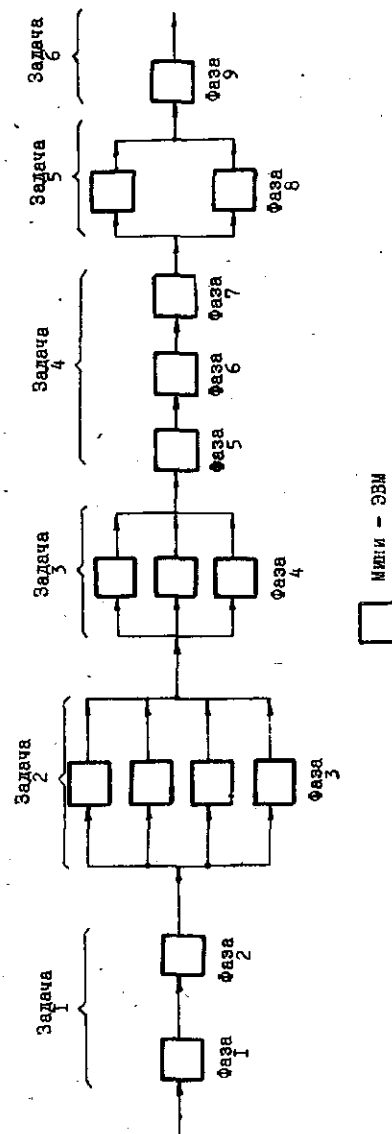


Рис.1. Структура центра ТАСУ, используемого параллельно-каскадный способ обработки информации.

Важная особенность большинства задач, решаемых в системах массового обслуживания, заключается в том, что их, как правило, можно разбить на более мелкие задачи двух типов. Первый тип характеризуется сочетанием большой программы и малого объема данных (например, контроль, анализ, редактирование, формирование сообщений), а второй тип - сочетанием небольшой программы и большого объема данных (поиск требуемого ресурса, поиск в таблице и т.п.).

Задачи первого типа удобно выполнять на одной мини-ЭВМ или на цепочке мини-ЭВМ по каскадному принципу (задачи 1, 4 и 6 на рис. 1). В этом случае программа распределяется между машинами, а данные переходят последовательно из одной машины в другую. Так как объем данных невелик, то дополнительная загрузка памяти незначительна.

Необходимое количество машин и распределение программы между ними определяются, с одной стороны, исходя из ограничений в объеме памяти каждой машины, с другой стороны - из необходимости обеспечения требуемой пропускной способности. Как правило, в этих машинах внешняя память отсутствует, машины работают в однопрограммном режиме, и средняя пропускная способность равна $\frac{1}{\tau_{обр}}$, где $\tau_{обр}$ - время выполнения в процессоре данной фазы обработки информации.

Задачи второго типа, которые нельзя выполнить на одной ЭВМ, реализуются на нескольких параллельно соединенных машинах (задачи 2, 3 и 5 на рис. 1). При этом данные (ресурсы, таблицы и т.п.) разбиваются между ЭВМ, а программа повторяется в каждой машине, но, поскольку она небольшая, то дополнительные расходы памяти незначительны. Если все данные хранятся в оперативных запоминающих устройствах, то число необходимых мини-ЭВМ определяется обычно по максимальному объему памяти в одной ЭВМ (как правило, производительность процессора в этом случае оказывается избыточной).

При хранении данных во внешней памяти (на магнитных барабанах или дисках) на первый план выступает задача повышения производительности. При этом следует иметь в виду, что при распараллеливании ресурсов повышение производительности достигается только статистически и непропорционально числу ЭВМ.

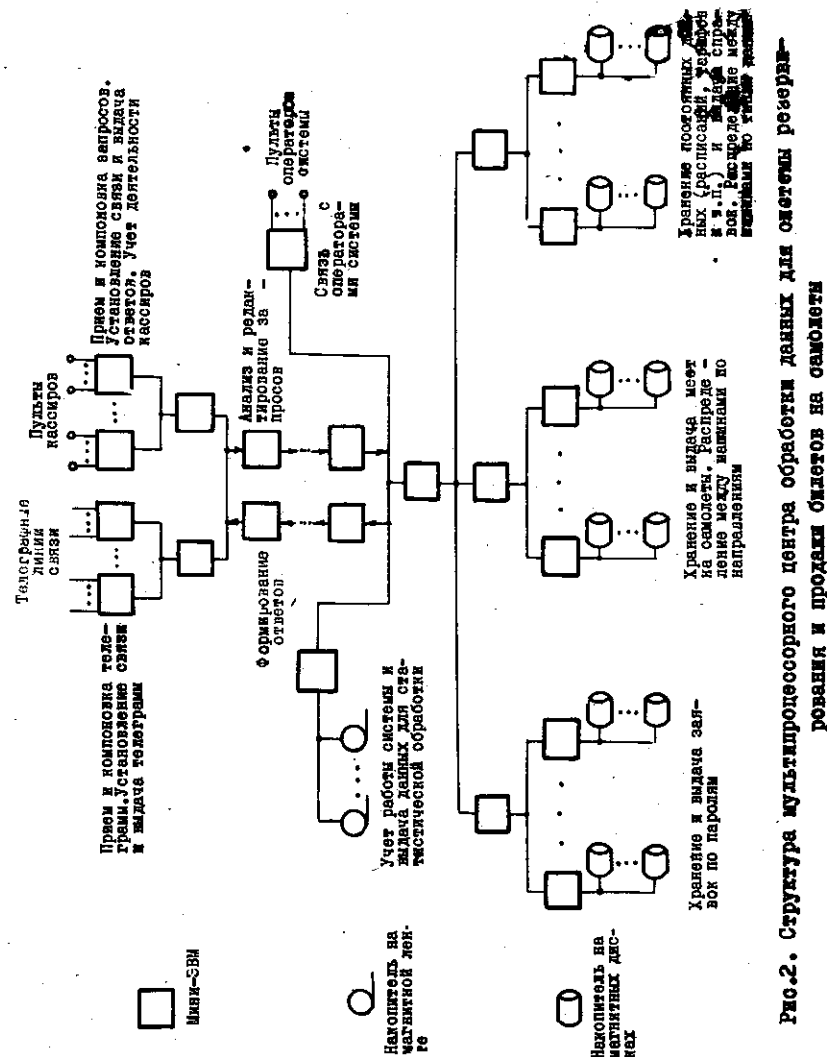


Рис.2. Структура мультипроцессорного центра обработки данных для системы резервирования и продажи билетов на самолеты

На рис. 2 изображен центр обработки данных системы резервирования и продажи билетов на самолеты, образуемый из мини-ЭВМ.

Л и т е р а т у р а

1. Американский рынок малых и мини-ЭВМ и перспективы его развития. - "Радиоэлектроника за рубежом", М., 1971, вып. 18 (612).
2. КОСТЕЛЯНСКИЙ В.М., ИТЕНБЕРГ И.И., ЛЕХНОВА Г.М. Новый набор агрегатных модулей - дальнейшее развитие АСВТ. - "Механизация и автоматизация управления", Киев, 1971, № 4.
3. ЕВРЕИНОВ Э.В., КОСАРЕВ Ю.Г. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, "Наука" СО, 1966.
4. ВИНУКОВ В.Г., ДИМИТРИЕВ Ю.К., ЕВРЕИНОВ Э.В., КОСТЕЛЯНСКИЙ В.М., ЛЕХНОВА Г.М., МИРЕНКОВ Н.Н., РЕЗАНОВ В.В., ХОРОШЕВСКИЙ В.Г. Однородная вычислительная система из мини-машин. - Данный сборник, стр. 127-146.

Поступила в ред.-изд.отд.
10. VI. 1972 г.