

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Э.В. Евреинов

Как указывалось в работе [1], области применения электронных вычислительных машин (ЭВМ) в зависимости от трудоемкости задач можно разделить на две группы.

К первой группе относятся массовые задачи со сравнительно небольшим объемом вычислений, ко второй — задачи, требующие для своего решения выполнения огромного числа операций. В работах [1], [2], [3] было показано, что для решения задач второй группы необходимы вычислительные системы высокой производительности. В данной работе показывается целесообразность построения вычислительных систем малой и средней производительности для решения задач первой группы.

§ 1. Существующие средства вычислительной техники
для решения массовых задач с небольшим
вычислений

К массовым задачам относятся: задачи управления производственными процессами, задачи, связанные с проектно-конструкторскими работами, многие технико-экономические задачи, зада-

чи управления народным хозяйством, значительная часть научных задач и т.п.. Для решения этой группы задач важна суммарная производительность всех имеющихся средств вычислительной техники.

Массовые задачи характеризуются следующими свойствами:

1) Время решения каждой отдельно взятой задачи не играет решающей роли. Допускается увеличение времени решения отдельных задач в несколько раз.

2) Возрастает доля времени ввода-вывода, обращения к внешней памяти в общем времени решения задач, связанных с обработкой сравнительно больших массивов информации.

3) Растут требования к объему памяти с произвольной выборкой информации для ряда технико-экономических задач и задач проектирования.

4) Трудоемкость массовых задач со временем постепенно увеличивается. Это связано с появлением более сложных задач, требующих для своего решения большего объема памяти и большей производительности (требование наращивания производительности). Растет также и общее количество массовых задач.

В вычислительной технике для решения массовых задач сложилось несколько направлений: а) применение отдельных ЭВМ; б) применение ряда ЭВМ; в) применение высокопроизводительной ЭВМ в режиме разделения времени.

Применение отдельных ЭВМ. Каждое предприятие, организация приобретает собственную ЭВМ. Последняя должна иметь требуемую производительность, минимальную стоимость, минимальные затраты при эксплуатации, высокую надежность, небольшие габариты, быть простой в эксплуатации и быстро окупаемой.

Задачи, связанные с обработкой больших массивов информации, и жесткие требования ко времени их решения привели к необходимости изменить структуру ЭВМ: основная доля затрат оборудования приходится на устройства ввода-вывода и долговременной памяти, в то время как затраты на арифметическое устройство и устройство управления составляют 10-20%, затраты на оперативную память - 10-20% от общих затрат.

Это направление имеет следующие недостатки:

1. Стремление получить минимальную стоимость машины при заданной производительности для данного класса задач привело

к появлению большого числа различных типов машин на различной технологической основе, а большое разнообразие выпускаемых машин приводит к удорожанию производства ЭВМ в целом.

2. При использовании отдельных ЭВМ в случае необходимости производительность наращивается либо заменой старой ЭВМ на новую, более производительную, либо установкой ещё одной такой же ЭВМ (или эквивалентной ЭВМ другого типа). В первом случае растут затраты за счет замены ЭВМ, во втором случае не могут быть решены некоторые трудоёмкие задачи.

3. Разнообразие типов машин, математически не согласованных друг с другом, приводит к большим затратам труда на разработку математического обеспечения.

Применение ряда ЭВМ [4]. Стремление избавиться от недостатков первого направления привело к разработке ряда машин, согласованных в технологическом и математическом отношениях: элементы всех типов машин изготавливаются на единой технологической основе, при этом различные машины набираются из типовых серийно-выпускаемых блоков и устройств; математическое же обеспечение, разработанное для одного типа машин, сохраняется и для других типов.

К недостаткам этого направления относятся:

1. Увеличение затрат, вызываемых заменой старой ЭВМ на ЭВМ более высокой производительности.

2. Увеличение числа типов для перекрытия требуемого диапазона производительности с большим числом поддиапазонов (число типов ЭВМ соответствует числу поддиапазонов).

Применение высокопроизводительной ЭВМ в режиме разделения времени [5]. Для решения массовых задач на высокопроизводительной ЭВМ каждый абонент использует специальное устройство; соединенное каналами связи с ЭВМ. В соответствии с установленными правилами каждому абоненту отводится определенная доля времени, в течение которого он может использовать ЭВМ для решения своей задачи.

Достоинством этого направления является то, что задачи первой и второй групп можно решать на одной и той же технической основе.

К недостаткам же относятся:

1) высокая стоимость каналов связи при большом удалении абонентов от ЭВМ;

2) необходимость применять специальные меры для защиты задач одних абонентов от вмешательства со стороны других.

По мере развития средств связи это направление может стать одним из перспективных. В этом случае роль высокопроизводительной ЭВМ может играть вычислительная система высокой производительности.

§ 2. Вычислительные системы малой и средней производительности для решения массовых задач

Задачи первой группы отличаются от задач второй группы только объемом выполняемых операций, поэтому для их решения могут быть использованы вычислительные системы, построенные на тех же принципах, что и вычислительные системы высокой производительности. Вычислительные системы, предназначенные для решения задач первой группы, далее будут называться вычислительными системами малой и средней производительности, или просто вычислительными системами.

Напомним принцип построения вычислительных систем.

1. Вычислительная система состоит из одного или разных типов элементарных машин, в качестве которых могут использоваться универсальные ЭВМ, специализированные ЭВМ, цифровые интегрирующие машины, аналоговые вычислительные машины, специальные устройства и др.

2. Элементарные машины соединены между собой каналами связи так, что с помощью программно настраиваемых коммутаторов между любыми двумя машинами можно установить двухстороннюю связь.

3. В вычислительной системе реализуются специальные команды (например, настройки, приёма и передачи, обобщенных условных и безусловных переходов [В]), с помощью которых обеспечиваются: возможность параллельной работы машин, программное изменение структуры системы и её функциональная целостность (взаимосогласованность работы машин при решении общей задачи).

Производительность (быстродействие) системы из n элементарных машин (ЭМ) будет не менее

$$V_c = \sum_{i=1}^n V_{\varepsilon i},$$

где $V_{\varepsilon i}$ - производительность i -той ЭМ.

В свою очередь,

$$V_{\varepsilon} = \frac{V_H}{1 + \frac{P}{S}K + \frac{q}{S}e},$$

где V_H - номинальное быстродействие ЭМ [2];
 P - среднее число слов, считываемых из внешней памяти;
 S - среднее число операций, выполняемых над словами из оперативной памяти;

$$K = \frac{t_{\text{вн}}}{t_{\text{опер}}};$$

$t_{\text{вн}}$ - время считывания слова из внешней памяти;

$$t_{\text{опер}} = \frac{1}{V_H};$$

q - среднее число вводимых-выводимых слов,

$$e = \frac{t_{\text{вв}}}{t_{\text{опер}}},$$

$t_{\text{вв}}$ - время ввода-вывода одного слова.

Вычислительная система из n машин по сравнению с одной ЭМ при решении некоторых задач с объемом V_z слов позволяет получить выигрыш во времени решения:

$$R_1 \approx n \left(1 + \frac{P}{S}K\right),$$

если $V_0 < V_z \leq nV_0$, где V_0 - объем оперативной памяти.

Если объем задачи V_z превышает объем внешней памяти V_g одной ЭМ (но $V_z \leq nV_g$) и решение на одной ЭМ возможно при использовании устройств ввода-вывода, то выигрыш во времени решения будет

$$R_2 \approx n \left(1 + \frac{qP}{S}K\right).$$

Стоимость системы из n ЭМ по сравнению с n отдельными ЭМ возрастает всего лишь на 0,5-1%.

Но если стоимость вычислительной системы с такими же внешними устройствами и объемом долговременной памяти, что и у одной ЭМ, больше, чем стоимость последней, в 2-3 раза, то производительность будет больше в 5-10 раз.

Таким образом, вычислительная система из n ЭМ малой производительности экономичнее одной ЭВМ, имеющей ту же производительность, что и система.

Н а р а щ и в а н и е производительности системы осуществляется подключением дополнительных устройств ввода-вывода, долговременной памяти, оперативной памяти, дополнительных элементарных машин.

Р а б о т о с п о с о б н о с т ь системы значительно выше, чем отдельной ЭВМ, так как в системе допускается выход из строя отдельных устройств и машин. Так, выход машины из строя приводит лишь к некоторому увеличению времени решения, что вполне допустимо в случае массовых задач.

Возможны различные варианты реализации вычислительных систем.

Н е о д н о р о д н ы е в ы ч и с л и т е л ь н ы е системы создаются из различных типов машин. Эти системы имеют серьезные недостатки:

1. Вследствие несогласованности систем команд для различных типов машин усложняется процесс программирования.
2. Из-за различных схемных решений в машинах затрудняется их эксплуатация.

3. Возрастают затраты на реализацию специальных устройств для подключения ЭВМ в систему.

О д н о р о д н ы е в ы ч и с л и т е л ь н ы е системы по своей структуре аналогичны вычислительным системам высокой производительности.

Однородные системы обладают преимуществом: по сравнению с неоднородными, а также по сравнению с рядом машин (например [4]) позволяют в широких пределах и при относительно небольших затратах оборудования наращивать производительность.

Диапазон производительности $10^4 - 10^7$ опер/сек может быть перекрыт с помощью всего лишь двух-трех типов машин (например, ЭМ с производительностью $10^4 - 10^6$ опер/сек). При этом весь диапазон производительности ($10^4 - 10^7$ опер/сек) может быть разбит на 1000 поддиапазонов.

Уменьшение числа типов разрабатываемых ЭМ позволяет более рационально сконцентрировать силы при разработке, увеличить серийность выпускаемых ЭМ, что приводит к дальнейшему уменьшению стоимости ЭМ.

Для однородных вычислительных систем трудности программирования одного и того же порядка, что и для одной ЭВМ [6]. Программы составляются таким образом, что они могут автоматически настраиваться на параметры задачи и число машин в системе. Однородные вычислительные системы позволяют реализовать с помощью программной настройки различные схемы управления решением задачи. В частности, в однородной вычислительной системе могут быть реализованы система с общей памятью [7], система, состоящая из центральной управляющей машины и обрабатывающих машин-модулей [8].

Как и в случае вычислительных систем высокой производительности, однородные вычислительные системы малой и средней производительности могут выполняться в виде сосредоточенных и распределенных вычислительных систем.

Опыт показал, что однородные вычислительные системы малой и средней производительности являются, по-видимому, наиболее выгодными для решения массовых задач и могут быть рекомендованы для серийного выпуска.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Э.В. Евреинов, Ю.Г. Косарев. О возможности построения вычислительных систем высокой производительности, Новосибирск, Изд-во Сиб.отд.АН СССР, 1962.
2. Э.В. Евреинов. Универсальные вычислительные системы с частично переменной структурой. - Вычислительные системы, Новосибирск, 1965, вып.17, стр. 3-59.
3. Э.В. Евреинов, Ю.Г. Косарев. Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности. Новосибирск, Изд-во "Наука", 1966 г. (в печати).
4. IBM'S New System 360. Datamation, 1964, N 4, p. 53-55.
5. Orion design problem solved. Electronics Weekly, 1963, Jan. 22, p.7.

6. Ю.Г. Косарев. О методике решения задач на универсальных вычислительных системах.—Вычислительные системы, Новосибирск, 1965, вып. 17, стр.61-99.

7. The CDC 3600. Datamation, 1962, v 8, N 5, p.37-40.

8. Slotnick D.L. and oth. The Solomon Computer. Proc.EJCC, 1962, p.97 - 107.

Поступила в редакцию
20.УП.1966 г.