

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коноплева Р. Ф., Остроумов В. И. Взаимодействие заряженных частиц высоких энергий с германием и кремнием.— М., 1975.
2. Иванов Г. М., Сирота Н. Н. Радиационные дефекты в полупроводниках: Расширенные тез. докл. Всесоюз. симпозиума.— Минск, 1972, с. 56.
3. Лугаков П. Ф., Шуша В. В.— ФТП, 1979, т. 13, № 9, с. 1739.
4. Касилов В. И., Лугаков П. Ф., Маслов Н. И., Филиппов И. М.— ФТП, 1978, т. 12, № 8, с. 1636.
5. Рывкин С. М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.— М., 1963.
6. Шик А. Я.— ФТП, 1977, т. 10, № 9, с. 1758.
7. Шейкман М. К., Шик А. Я.— ФТП, 1976, т. 10, № 2, с. 209.
8. Коноплева Р. Ф., Юферев А. А.— ФТП, 1975, т. 9, № 3, с. 413.
9. Loferski J. J., Rappaport P.— Phys. Rev., 1958, v. 3, № 2, p. 432.
10. Kinley W. A. Mc., Feshbach H.— Phys. Rev., 1948, v. 74, № 12, p. 1759.
11. Кинчин Г. Н., Пиз Р. С.— Успехи физических наук, 1956, т. 60, № 4, с. 590.
12. Lafond J. C.— These. Doc. es. Sci., Toulouse, 1969.
13. Кумахов М. А., Комаров Ф. Ф. Энергетические потери и пробеги ионов в твердых телах.— Минск, 1979.

Поступила в редакцию  
03.02.81.

НИИ ПФП

УДК 518.74

В. В. ГОЛЕНКОВ

### АРХИТЕКТУРА СИСТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ДИСКРЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ, ПОСТРОЕННЫХ НА БАЗЕ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ГРАФОВЫХ АВТОМАТОВ

Данная работа является продолжением работ [1, 2] и посвящена анализу одного из подходов к построению систем, ориентированных на решение информационно-логических задач, исследованию их архитектуры и принципам логической организации.

В ходе расширения областей применения ЭВМ наблюдается тенденция более быстрого роста объема неарифметических вычислений, которая проявляется в автоматизированных системах управления, системах автоматизированного проектирования, информационно-поисковых, информационно-логических, роботехнических (в очувствленных роботах), системах искусственного интеллекта. Информационно-логические задачи, которые в основном приходится решать в этих системах, характеризуются наличием обобществляемых многими программами массивов данных (баз данных) со сложной и меняющейся в ходе решения задачи структурой произвольного вида, комбинаторным характером преобразований, массовой информационно-поисковых операций.

Решение информационно-логических задач на современных ЭВМ сопряжено с большими трудностями, одним из путей преодоления которых является разработка вычислительной системы, аппаратно интерпретирующей язык информационно-логического программирования. Такая постановка вопроса требует пересмотра существующих языков информационно-логического программирования в плане их адаптации к использованию в качестве внутренних языков. Поскольку традиционные ЭВМ не приспособлены к решению информационно-логических задач, разработка внутреннего языка вычислительной системы, ориентированной на решение задач этого класса, означает по существу поиск новых, нетрадиционных принципов автоматической переработки информации.

Если говорить о неприспособленности традиционных ЭВМ к решению информационно-логических задач, можно отметить следующие причины.

Сложноструктурированные данные плохо согласуются с линейной организацией памяти, линейное представление сложных структур является громоздким, многоуровневым и неоднозначным.

Информационно-поисковые операции (операции ассоциативного доступа к нужным фрагментам перерабатываемых данных) реализуются достаточно сложно (в особенности, если необходимо организовать ассо-

циативный доступ по произвольному набору и произвольному сочетанию признаков), поскольку в памяти традиционной ЭВМ приходится оперировать не самими данными, а их линейными представлениями. Для сокращения времени доступа к нужным фрагментам перерабатываемых данных часто приходится дублировать информацию, наращивать линейное представление данных всевозможной вспомогательной информацией, что еще более усложняет процесс их переработки.

Переработка нечисловой сложноструктурированной информации сводится в традиционных ЭВМ к весьма мелким операциям. Эта особенность и практическая невозможность повысить уровень машинных операций переработки сложных структур также в известной мере обусловлена линейностью организации памяти традиционных ЭВМ. В частности, это вызвано тем, что локальному преобразованию сложной структуры в общем случае будет соответствовать нелокальное преобразование линейного представления этой структуры.

Необходимо также отметить, что разработка АСУ и интеллектуальных роботов, действующих в реальном масштабе времени, накладывает жесткие ограничения на время решения сложных информационно-логических задач, что требует глубокого распараллеливания процессов их решения, а следовательно, и пересмотра традиционной организации переработки информации более серьезного, чем при построении средств, ориентированных на решение информационно-логических задач, к которым не предъявляются высокие требования по быстродействию.

В данной работе предлагается следующий подход к построению быстродействующих нетрадиционных систем переработки информации, архитектура и организация которых ориентированы на решение информационно-логических задач.

1. Рассматриваемая система осуществляет аппаратную интерпретацию сложных структур данных и переработку их непосредственно на физическом уровне. Такой подход требует создания структурно-перестраиваемой запоминающей среды, обеспечивающей хранение и переработку графов. Такая среда характеризуется тем, что информация в ней кодируется связями между элементами запоминающей среды, а переработка информации сводится к изменению конфигурации этих связей (стирание одних связей и проведение других). Напомним, что переработка информации в памяти традиционных ЭВМ сводится к изменению состояний элементов памяти (перевод их из «единичного» состояния в «нулевое» или наоборот).

2. Система выполняет аппаратное манипулирование графовыми структурами, представляющими собой запись формальных теорий в виде семантических сетей.

3. С точки зрения архитектуры предлагаемая система — однородная вычислительная структура, являющаяся коллективом функциональных элементов, связанных между собой коммутационной структурой. Процесс переработки информации в такой вычислительной структуре рассматривается как процесс преобразования графа, вершинами которого будут функциональные элементы, а дугами — коммутируемые каналы связи между ними.

Система решения информационно-логических задач названа нами однородной программно-перестраиваемой вычислительной структурой, ориентированной на переработку семантических сетей (ОВСПСС). Структурная перестраиваемость памяти ОВСПСС обусловлена тем, что перерабатываемая в ней информация кодируется конфигурацией скомутированных каналов связи между функциональными элементами. Так как функциональные средства ОВСПСС оказываются равномерно распределенными по памяти, ее можно назвать процессоро-памятью. Необходимо отметить еще одну очень важную особенность ОВСПСС — единство структуры (структура связей между функциональными элементами) и внутреннего языка (способ представления информации в памяти).

Целесообразность рассмотренного подхода к построению систем, ориентированных на решение информационно-логических задач обусловлена следующими обстоятельствами.

1. Графовые структуры есть наиболее общий вид структур данных.

2. Результаты исследований по интеллектуальным роботам и системам искусственного интеллекта привели к пониманию того, что, во-первых, способ представления знаний в памяти системы, принципы организации памяти во многом определяют эффективность системы и, во-вторых, наиболее перспективные методы представления знаний основываются на использовании семантических сетей, которые иногда называют смысловыми графами, концептуальными графами, концептуальными моделями данных. Семантическая сеть представляет собой графовую структуру, обладающую следующей семантической особенностью: каждому понятию описываемой этой графовой структурой предметной области соответствует одна и только одна обозначающая это понятие вершина, а связи между понятиями описываемой предметной области соответствуют ребрам, дугам, гиперребрам, гипердугам рассматриваемой графовой структуры. Указанная особенность семантических сетей обуславливает их компактность, однозначность и ассоциативность, что, в свою очередь, позволяет существенно упростить переработку информации, если информацию представлять в виде семантических сетей.

3. Описание неограниченных предметных областей требует использования формальных теорий и поэтому переработку информации, описывающей эти предметные области, естественно организовать как переработку соответствующих им формальных теорий.

4. Развиваемые в настоящее время подходы к разработке параллельных вычислительных систем — это всевозможные системы взаимосвязанных процессоров, каждый из которых обычно строится по традиционным принципам. Одной из основных проблем, возникающих при разработке параллельных вычислительных систем, является проблема разбиения задачи на подзадачи по критерию минимизации объема обмениваемой информации между процессорами и обеспечения равномерной постоянной загрузки всех процессоров. Как выяснилось, не удается разработать метод разбиения задач на подзадачи, чтобы он был эффективен для любого класса задач, поэтому конкретные параллельные вычислительные системы оказываются в большинстве своем ориентированными на определенные классы задач. В отличие от этого ОВСПСС можно считать предельным случаем параллельных вычислительных систем в том смысле, что решаемая в ней задача не требует расчленения на подзадачи, решаемые ее функциональными элементами, а перерабатываемая в ней информация не требует разбиения на части, каждая из которых записывается и перерабатывается в памяти некоторого функционального элемента.

Таким образом, функциональные элементы ОВСПСС значительно проще функциональных элементов однородных вычислительных структур других типов, поскольку они должны обеспечивать только формирование команд построения новых и разрушения имеющихся каналов связи между функциональными элементами на основе «знания» структуры графа конфигурации каналов связи в некоторой своей окрестности. Кроме того, равномерное распределение функциональных средств по запоминающей среде обеспечивает максимальное распараллеливание процесса переработки информации, которая осуществляется непосредственно в самой памяти (не требуется передача информации из памяти в процессор и обратно) и параллельно возбуждаются все те зоны памяти, в которых содержатся вычисленные (готовые к переработке) операнды. Последнее означает, что ОВСПСС является машиной, управляемой потоком данных.

Аналогами предлагаемого нами подхода к организации вычислений являются алгоритмы Колмогорова и графовые автоматы, т. е. автоматы, реализующие грамматики на графах ОВСПСС, можно рассматривать

как техническую реализацию некоторого абстрактного графового автомата. О целесообразности непосредственной аппаратурной интерпретации структур данных в системах переработки информации говорится в работах Я. Чу [3]. Идея использования структурно-перестраиваемых запоминающих сред в роботехнических системах была высказана В. П. Гладуном [4]. Системы переработки информации, изменяющие свою структуру при изменении условий решаемых ими задач, исследуются в работах Д. А. Поспелова [5]. В этих работах системы указанного типа названы гиromатами. Аналогичный подход к построению высокоорганизованных систем рассматривается в работах З. Л. Рабиновича [6], Н. М. Амосова и А. М. Касаткина [7].

К техническим предпосылкам построения ОВСПСС можно отнести высокий уровень современной микроэлектронной технологии и накопленный опыт разработки микропроцессоров; успехи в создании однородных микроэлектронных вычислительных структур, а также коммутационных структур (в частности, в ОВСПСС представляется возможным использование однородных регистровых коммутационных структур); опыт, накопленный по разработке устройств переработки графов и специализированных процессоров для решения задач на графах, а также по построению физических моделей нейронных сетей и использованию нейроподобных сетей для моделирования функций искусственного интеллекта и, в частности, для управления роботами; опыт, накопленный при разработке нетрадиционных ЭВМ, например, ЭВМ с аппаратурной интерпретацией языков высокого уровня, ЭВМ с ассоциативной памятью, ЭВМ с распределенными функциональными средствами.

В качестве способа представления данных в памяти ОВСПСС нами предложен графовый код, тексты которого являются семантическими сетями, представленными в виде непомеченных орграфов [8]. В рамках графового кода разработан способ записи формальных логических систем, который назван нами языком исчисления текстов графового кода и опробован на записи геометрии Евклида [9]. В качестве внутреннего алгоритмического языка ОВСПСС предложено некоторое расширение языка исчисления текстов графового кода [10], названное нами языком алгоритмов на текстах графового кода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Голенков В. В. Графовый автомат как система переработки дискретной информации.—Рукопись деп. в ВИНТИ, ч. 1, № 3233-81. Деп. от 01.07.81; ч. 2. № 3234-81. Деп. от 01.07.81.
2. Голенков В. В. Сравнительный анализ многопроцессорного графового автомата МГА1.—Рукопись деп. в ВИНТИ, № 3231-81. Деп. от 01.07.81.
3. Chu J.—Proc. IEEE Symp. on Computer Architecture, 4 th. New York, 1977.
4. Гладун В. П. Эвристический поиск в сложных средах.— Киев, 1977.
5. Поспелов Д. А., Пушкин В. Н. Мышление и автоматы.— М., 1972.
6. Рабинович З. Л.—Кибернетика, 1979, № 2.
7. Амосов Н. М., Касаткин А. М., Касаткина Л. М.—В сб.: Труды IV Международной объединенной конференции по искусственному интеллекту, т. 9.— М., 1975.
8. Голенков В. В. Графовая модель баз данных.—Рукопись деп. в ВИНТИ, № 3697-81. Деп. от 23.07.81.
9. Голенков В. В., Астрейко А. П. Представление математических текстов в виде графовых грамматик.—Рукопись деп. в ВИНТИ, I, № 3032-80. Деп. от 14.07.80; II, № 3032-80. Деп. от 14.07.80.
10. Голенков В. В. Представление алгоритмов в памяти графового автомата.—Рукопись деп. в ВИНТИ, № 3232-81. Деп. от 01.07.81.