

При размещении на плоскости узлов требуется установление иерархии соединений. На нижнем уровне многоуровневой системы задача носит многокритериальный характер, где необходима оптимизация каждого соединения, а с учётом нескольких уровней возможен переход на следующий уровень иерархии. Размещение узлов на нижнем уровне выполняется итерационными алгоритмами типа перехода к ближайшему узлу с последующей коррекцией расстановки узлов [3]. Последующая процедура создания соединений определяет количество иерархических уровней и переукладку самых длинных [5]. Перед началом итерационной процедуры и использования методов оптимизации на нижних уровнях особенно остро встаёт вопрос о минимуме перспективных затрат.

Общая постановка задачи связана с оптимизацией соединений путём обхода множеств подобных M_i в классе ломанных. Таким образом, выполняется последовательное соединение узлов с применением аппарата динамического программирования и исследуются два способа соединения: с помощью функции затрат и методом коммивояжера. Это позволяет создать схему построения оптимального соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Норенков И.П., Маничев В.Б. Основы теории и проектирования САПР. М.: Высш. школа, 1990.
2. Коротаева Л.Н., Сесекин А.Н., Ченцов А.Г. Об одной модификации метода динамического программирования в задаче последовательного сближения // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1989. Т. 29. № 8. С. 1107–1113.
3. Буслеева Л.Т., Ченцов А.Г. О декомпозиции процесса последовательного выбора вариантов // Математическое моделирование. 1991. Т. 3. № 4. С. 103–113.
4. Коротаева Л.Н., Назаров Э.М., Ченцов А.Г. Об одной задаче о назначениях // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1993. Т. 33. № 4. С. 483–494.
5. Коротаева Л.Н., Ченцов А.Г. Об одном обобщении задачи коммивояжёра “на узкие места” // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1995. Т. 35. № 7. С. 1067–1076.

И.И. Левин, И.М. Пономарев, Р.В. Шахов, А.В. Шматок

МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ РАБОЧИЕ СТАНЦИИ С ПРОГРАММИРУЕМОЙ АРХИТЕКТУРОЙ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Современные рабочие станции являются мощным средством, позволяющим решать разнообразные сложные задачи проектирования систем. Для обеспечения конкурентоспособности изделия процесс проектирования должен выполняться в максимально сжатые сроки без потери качества.

Потребности научно-технического прогресса требуют перехода к новым поколениям техники, при этом в процессе разработки каждого нового изделия решается комплекс взаимосвязанных научно-технических задач, уровень сложности которых непрерывно возрастает. На существующих однопроцессорных рабочих станциях решение многих проектно-конструкторских задач в их реальных постановках и в реальном времени становится все более затруднительным, а порой – просто невозможным. В то же время многопроцессорные вычислительные

системы (МВС) имеют большой резерв повышения производительности, что позволяет надеяться на их успешное применение в решении сложных проектно-конструкторских задач.

Однако существующие методы организации параллельных вычислений ориентированы на распараллеливание последовательных алгоритмов. При этом исследуются только информационные взаимодействия смежных частей алгоритма (циклов, процедур и т.п.) и не уделяется должного внимания общей информационной структуре задачи. Методы параллельного программирования направлены на решение проблем адаптации структуры вычислительного алгоритма к структуре многопроцессорной системы. До сих пор эти проблемы не решены, и это не позволяет создать параллельные программы для многопроцессорных систем, которые могли бы быть выполнены с одинаковой эффективностью на произвольной конфигурации вычислительной системы.

Альтернативой является создание многопроцессорных рабочих станций с программируемой архитектурой, в которых используется принцип структурно-процедурной организации вычислений. При структурно-процедурной организации алгоритмически сформулированная задача представляется в виде информационного графа, описывающего параллельную форму представления задачи. В дальнейшем информационный граф преобразуется в последовательно-параллельную форму, которая предполагает разделение задачи на структурную и процедурную компоненты. При этом структурная компонента реализуется в виде аппаратно реализуемых фрагментов вычислений – кадров. Процедурная компонента реализуется в виде программы, описывающей последовательность смены кадров. Для эффективного преобразования задачи в структурно-процедурную форму разработана методика, в соответствии с которой информационный граф задачи может быть преобразован в промежуточную функционально-регулярную форму. Функционально-регулярная форма позволяет перейти к кадровой форме представления задачи. При переводе задачи в кадровую форму создается структура данных, отображающая множество переменных, принадлежащих кадрам задачи, на множество адресов памяти МВС и формулируется система ограничений, позволяющая выбрать рациональные варианты размещения данных по критерию минимизации времени решения задачи. Полученная структура данных позволяет синтезировать функцию параллельного обращения (функция коммутации) и функцию последовательного обращения (функция адресации) в кадрах задачи. В дальнейшем эти функции используются для программирования процедур обращения к данным и после адаптации к системе команд МВС могут быть реализованы ее аппаратными средствами.

Наиболее эффективно кадровая форма задачи реализуется в МВС с программируемой архитектурой. Для структурно-процедурной организации вычислений в МВС с программируемой архитектурой включены аппаратные подсистемы, дающие возможность в рамках универсальной фрейм-архитектуры создавать виртуальные специализированные вычислительные объекты, структура которых адекватна структуре фрагментов задачи (кадров). Для эффективной реализации различных вариантов структурно-процедурного распараллеливания задачи МВС с программируемой архитектурой строится по принципу модульной организации. На рис. 1 представлена структурная схема модульно-наращиваемой многопроцессорной рабочей станции с программируемой архитектурой.

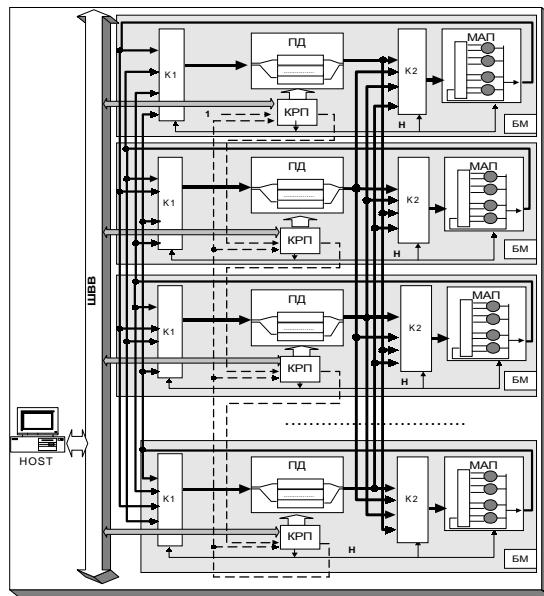


Рис.1

Конструктивно рабочая станция состоит из множества базовых модулей (БМ), соединенных между собой коммутационной системой. Все базовые модули через шину ввода-вывода ШВВ подключены к HOST-компьютеру, используемому в качестве системного интерфейса пользователя. В состав базового модуля рабочей станции входит макропроцессор (МАП), структурно реализующий крупные математические операции, два макрокоммутатора (К1, К2), а также распределенная память (РП). Макрокоммутаторы предназначены для организации межмодульных информационных обменов и организации параллельных процедур обращения к каналам распределенной памяти. Контроллер распределенной памяти (КРП) является активным устройством и организует процесс структурно-процедурного решения задачи.

Для создания прикладного обеспечения рабочей станции пользователь может использовать язык программирования высокого уровня COLAMO. Основной особенностью языка COLAMO является отсутствие явной формы описания параллелизма. Распараллеливание достигается с помощью объявления массивов переменных и их индексации. Естественным способом реализации неявного описания параллелизма в программе является правило единственной подстановки, которое широко используется в языках потока данных. Язык COLAMO позволяет эффективно реализовать любой тип параллельной обработки и отражает все особенности структурно-процедурной организации вычислительного процесса, а также позволяет оперативно разрабатывать прикладное программное обеспечение рабочих станций с программируемой архитектурой.

Для синтеза макроопераций и параллельных программ разработаны программные средства, позволяющие в интерактивном режиме с использованием мощных графических средств отображения оперативно создавать, модифицировать и отлаживать компоненты математического обеспечения рабочей станции. Одним из компонентов графической системы программирования является про-

грамма синтеза структуры макроопераций, которая позволяет создавать и редактировать различные крупные математические операции. Каждая макрооперация может быть представлена как в графической форме в виде граф-схемы, так и в текстовой форме на языке параллельного макроассемблера. Разработанные макрооперации содержатся в базе данных.

Рабочие станции с программируемой архитектурой и структурно-процедурной организацией вычислений являются тем направлением, следуя по которому возможно обеспечить среднюю производительность при решении широкого круга задач моделирования и проектирования, не ниже производительности специализированных вычислителей. Методы структурно-процедурной организации вычислений позволяют существенно повысить эффективность использования рабочих станций, а также упростить процесс программирования проектно-конструкторских задач.

Публикация осуществлена при поддержке грантов РФФИ № 99-0790410, 00-15-99014, 01-01-00898.

**О.В. Катаев, Э.В. Мельник, И.В. Петручук,
Г.Л. Трунов, И.И. Левин, И.М. Пономарев**

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Одной из основных проблем, возникающих при создании новых летательных аппаратов, является комплексный анализ результатов летных и наземных испытаний. Число информационных каналов, по которым поступает обрабатываемая информация от распределенной датчиковой системы, может достигать нескольких тысяч. Для большинства используемых в авиационной технике датчиков градуировочные характеристики являются нелинейными, что усложняет анализ полученной информации. В процессе испытательного полета, как правило, не удается непосредственно измерить характеристики, по которым можно оценить качество функционирования и тактико-технические данные испытываемого летательного аппарата. Измерительная информация, собранная в полете, является практически полуфабрикатом, из которого может быть получена полезная информация только после соответствующей обработки. В этой связи возникает проблема сбора, первичной обработки и оперативного анализа полученных результатов испытаний. Одной из важнейших частей летных испытаний является планирование летного эксперимента. На этом этапе необходимо определить все режимы полета, конфигурацию и размещение датчиковой аппаратуры на борту испытываемого летательного аппарата. При этом трудности планирования эксперимента возрастают по мере усложнения испытываемых объектов, увеличения количества измеряемых параметров.

К организации и проведению обработки результатов измерений при летных испытаниях предъявляется ряд требований. К основным из них относятся: большая достоверность и высокая точность результатов обработки, оперативность проведения обработки, реализуемость алгоритмов обработки данных для выбранных методов летных испытаний, обработка полного объема экспериментальных