

ВЛАСОВ А.А

Организация параллельной обработки данных в ПВС на основе топологии среды типа гиперкуб

Рассмотрены возможные способы реализации потенциального параллелизма алгоритмов на всех уровнях организации вычислительного процесса в параллельных вычислительных системах. На уровне процессоров это использование в коммуникационных средах топологий типа гиперкуб, в частности в топологиях смешанного типа обобщенный кольцевой гиперкуб дополненный магистралями, и организация на этой основе волнового способа обработки данных. Организация процессоров с перестраиваемой структурой и проблемно-ориентированной или специализированной системой команд. Эффективность использования различных способов реализации

В настоящее время, можно выделить следующие тенденции развития вычислительной техники, которые как бы дополняют друг друга. В концептуальном плане это движение от модели одного вычислителя, представленной разнообразными модификациями архитектуры Дж. Фон Неймана к модели коллектива вычислителей, концепция которой сформулирована и разработана в работах Евреинова Э.В., Прангишвили И. В., и др. исследователей, представленной параллельными ВС[1].

В архитектурном плане это тенденция реализации все большего числа функций ЭВМ аппаратными средствами и на этой основе определенное стремление к уменьшению семантического разрыва между представлением алгоритмов на входных языках и их реализацией на уровне языка машины, разработка и создание многопроцессорных систем.

В информационном аспекте это интеллектуализация вычислительных средств.

Несмотря на то, что между этими тенденциями просматривается определенная связь, в силу ряда обстоятельств они развиваются достаточно самостоятельно и независимо, что, в целом, снижает эффективность реализации этих тенденций в конкретных технических решениях.

Комплексный учет этих тенденций приводит к необходимости анализа алгоритмов, способов их реализации на всех уровнях организации вычислительного процесса[2]. Поскольку обработка данных на ЭВМ и ВС включает три компонента: алгоритмы, данные и средства их обработки то, соответственно, на эффективность реализации алгоритма влияют:

- организация и представление данных;
- архитектура ЭВМ и вычислительных систем (ВС);
- параметры алгоритмов.

Фактически они образуют соответствующие системные иерархические уровни. Наиболее полно возможности каждого уровня могут быть реализованы в проблемно-ориентированных и, особенно в специализированных ЭВМ и ВС. В том или ином виде, это связано с реализацией различных форм параллелизма, основными из которых являются: локальный параллелизм, параллелизм множества объектов и естественный параллелизм (векторный параллелизм), параллелизм независимых ветвей (М.А.Карцев). Критерием эффективности реализации алгоритмов решаемых задач может служить модель параллельной задачи [3].

В специализированных ЭВМ и ВС учет специфики решаемых задач также может быть произведен на уровне организации и представления данных, структуры вычислительных средств.

В целом, встающие проблемы при создании высокопроизводительных ВС могут быть разрешены только на путях создания многопроцессорных параллельных ВС на основе модели коллектива вычислителей [] и принципов программирования процедуры, структуры и коммутации автоматов [], обеспечивающих проблемную ориентацию ВС на различных этапах разработки и создания вычислительных средств и их интеллектуализации. Современное состояние техники СБИС с программируемыми параметрами – ПЛИС позволяет осуществлять перестройку структуры устройства и системы, в целом, даже в ходе вычислительного процесса[].

С учетом вышеизложенного, можно предположить, что наиболее перспективными направлениями совершенствования архитектуры проблемно-ориентированных и специализированных ВС являются[11]:

- реализация параллельной обработки на всех уровнях иерархий архитектуры ВС;
- реализация проблемно-ориентированной системы команд;
- создание коммуникационной системы, обеспечивающей возможности реализации на ВС задач с алгоритмами, обладающими, как крупнозернистым, так и мелкозернистым параллелизмом и

обеспечивающими синхронный и асинхронный способы организации вычислительного процесса.

Кроме того, для успешной проблемной ориентации и специализации ВС необходим содержательный анализ алгоритмов и, возможно, их эквивалентные и неэквивалентные преобразования. Качество конкурирующих алгоритмов может быть оценено по модели задачи, которая должна отражать количественные оценки различных форм параллелизма (долю данной формы в общем объеме вычислений, ширину параллелизма), объем промежуточной информации - характеризующих требуемую интенсивность обменов и эффективность проблемно-ориентированной системы команд [3].

Реализация гибкой проблемно-ориентированной системы команд может быть получена при использовании однородных вычислительных сред (ОВС) и перестраиваемых автоматов, выполненных в виде заказных СБИС или ПЛИС [].

Реализация коммуникационной системы, удовлетворяющей требованиям эффективной трансляции и маршрутизации (для синхронных и асинхронных способов организации вычислительного процесса)

Для ПВС в целом существенную роль играют коммуникационные среды и топологии, используемые в них. При анализе Top 500 в известных коммуникационных средах наиболее часто используется двумерная решетка, двоичный гиперкуб, двумерный и трехмерный торы, утолщенное дерево (FatTree) и некоторые другие. В целом, их можно разделить на топологии с непосредственными связями и топологии с магистральными связями[4]. Топологии с непосредственными связями позволяют объединять практически неограниченное количество процессорных элементов, но в них затруднена трансляция и достаточно сложная процедура обеспечения когерентности данных. Магистральные структуры обеспечивают простоту трансляции и поддержания когерентности, но ограничивают число объединяемых процессорных элементов. Совмещение достоинств и устранение недостатков может быть получено в результате использования в топологиях как непосредственных, так и магистральных связей [5,6,7]. Большими потенциальными возможностями обладают топологии на основе обобщенных гиперкубов—обобщенный кольцевой гиперкуб(ОКГ), иначе называемый n-мерный обобщенный тор. обобщенный гиперкуб(ОГ). а также перспективные топологии--ОКГ дополненный магистралями по всем измерениям(ОКГМ), расширенный обобщенный гиперкуб(РОГ)[8]. По сравнению с известными топологиями типа гиперкуб РОГ и ОКГМ дополнены модулями расширения магистралей[10], имеют диаметр 1, точнее

приближение к этому значению, поскольку в некоторой степени это зависит от загрузки коммуникационной среды.

Кроме того, для успешной проблемной ориентации и специализации ВС необходим содержательный анализ алгоритмов и, возможно, их эквивалентные и неэквивалентные преобразования. Качество конкурирующих алгоритмов может быть оценено по модели задачи, которая должна отражать количественные оценки различных форм параллелизма (долю данной формы в общем объеме вычислений, ширину параллелизма), объем промежуточной информации - характеризующих требуемую интенсивность обменов и эффективность проблемно-ориентированной системы команд .

На уровне процессорных элементов проблемная ориентация и специализация достигается за счет их архитектуры. Для ПВС в целом существенную роль играют коммуникационные среды и топологии, используемые в них.

Наиболее полно возможности проблемной ориентации и специализации архитектуры процессорных элементов могут быть достигнуты на основе системы команд процессора, в которую могут быть включены традиционные команды и проблемно-ориентированные макрокоманды. Макрокоманды могут формироваться различными путями. Некоторые из них в свое время были предложены А. В. Каляевым. Ещё одним способом формирования макрокоманд, их синтез на основе выделения фрагментов программ, представленных на машинном языке [9].

Эффективность ВС для решения заданного класса задач может быть оценена соответствием модели задачи.

Методы реализации параллелизма и критерии эффективности их оценки

Уровни	Методы	Критерии
Алгоритмы	Преобразование алгоритмов Эквивалентные Не эквивалентные	Q - общий объем вычислений $Q_{об}$ - общий объем обмена Модель задачи
Структуры и функциональные узлы	Реализация параллельной обработки на всех уровнях организации	V_0 – объем памяти V_n – объем передаваемых команд и данных, необходимых для реализации алгоритма. Эффективность реализации форм параллелизма и модель задачи.

	вычислительного процесса	
Представление данных	Структурирование и самоопределение данных Изменение форм представления данных	Q - общий объем вычислений $Q_{об}$ - общий объем обмена Модель задачи

Для ПВС в целом существенную роль играют коммуникационные среды и топологии, используемые в них. При анализе Top 500 в известных коммуникационных средах наиболее часто используется двумерная решетка, двумерный и трехмерный торы, утолщенное дерево (FatTree) и некоторые другие. В целом, их можно разделить на топологии с непосредственными связями и топологии с магистральными связями. Топологии с непосредственными связями позволяют объединять практически неограниченное количество процессорных элементов, но в них затруднена трансляция и достаточно сложная процедура обеспечения когерентности данных. Магистральные структуры обеспечивают простоту трансляции и поддержания когерентности, но ограничивают число объединяемых процессорных элементов. Совмещение достоинств и устранение недостатков может быть получено в результате использования в топологиях как непосредственных, так и магистральных связей [4].

Сложные задачи и их модели могут характеризоваться как крупнозернистым, так и мелкозернистым параллелизмом. Реализация крупноблочного параллелизма сравнительно просто осуществляется на широком классе существующих параллельных вычислительных систем. Реализация мелкозернистого параллелизма представляет более сложную задачу вследствие того, что для неё характерно интенсивное взаимодействие элементов, которые образуют двумерную, трехмерную или n-мерную структуру, причем время взаимодействия этих элементов должно быть меньше, чем время на их реализацию. Это ужесточает требования к топологии коммуникационной среды, выражающиеся в том, что архитектура ПВС должна быть более адекватна алгоритмам решаемой задачи, чем архитектура ПВС для решения задач, обладающих крупнозернистым параллелизмом (Шпаковский Г. И. и др. 1989 г.). В работах Подлазова В.С. (ИПУ РАН) предложены мультикольцевые структуры, которые обеспечивают возможность эффективной реализации алгоритмов задач,

обладающих мелкозернистым параллелизмом в двумерном варианте. Ещё одним достоинством таких структур является возможность реализации ПВС в интегральном представлении на одном кристалле. Реализация ПВС на основе коммуникационной среды с топологией обобщенный кольцевой гиперкуб (двумерный и трехмерный варианты обобщенного кольцевого гиперкуба в литературе часто именуется двумерным и трехмерным торами) дополненный магистралями позволяет реализовать алгоритмы задач, обладающих мелкозернистым параллелизмом в двух-, трех- и n- мерных вариантах [6]. Определенным недостатком такой коммутационной структуры является сложность реализации ПВС в интегральном исполнении на одном кристалле в ближайшем будущем. Однако, следует отметить, что существующие суперкомпьютеры представляют собой вычислительные системы, в которых процессорные элементы и подсистемы коммуникации и уже могут выполняться в трехмерном объеме.

1. Власов А.А. Концепция, методы и средства реализации параллельной обработки в проблемно-ориентированных и специализированных ВС Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе: Сборник материалов всероссийской научно-практической конференции с международным участием. ч.2 - Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011.

2. Власов А.А. Организация параллельной обработки данных в проблемно-ориентированных и специализированных вычислительных системах. // В мире научных открытий. – 2010. – №4. – С. 19-22.

3. Власов А.А. Организация вычислительного процесса в ПВС с гиперкубовой топологией НСКФ-2013

4. Артамонов Г.Т., Тюрин В.Д. Топология сетей ЭВМ и многопроцессорных систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 248 с.

5. Власов А.А. Коммуникационная среда на основе однородной коммутационной структуры / А.А. Власов, П.В. Михеев // Труды междунар. конф. по информ. сетям и системам. ICINAS-2000.– СПб., 2000. С. 439-452.

6. Власов А.А. Параллельная вычислительная система с масштабируемой структурой // Тр. науч. конф. по итогам н.-и. работ Мар. гос. техн. ун-та. Йошкар-Ола, 19-23 марта, 2001. / Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. - С. 54-70.- - Деп. в ВИНТИ 11.02.2002 № 277-В2002.

7. Власов А.А., Михеев П.В. Коммуникационный процессор, патент RU 2260841 С2, 20.09.2005

8. Каравай М. Ф., Подлазов В. С. Расширенный обобщенный гиперкуб как отказоустойчивая системная сеть для многопроцессорных систем /

Управление большими системами. Выпуск 45. М.: ИПУ РАН, 2013. С.344-371.

9. Власов А.А. Формирование макрокоманд на основе выделения функциональных автономных блоков. //Тр. науч. конф. по итогам н.-и. работ Мар. гос. техн. ун-та. Йошкар-Ола, 2-28 апр., 2000. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2000. - С. 78-92. - Деп. в ВИНТИ 2001

10. Власов А.А., Нехорошкова Л.Г., Шестаков А.С. Моделирование межпроцессорного интерфейса в ПВС с комбинированной топологией // ВВ: Кибернетика и программирование. — 2014. - № 4. - С.76-86. DOI: 10.7256/2306-4196.2014.4.12606. URL: http://e-notabene.ru/kp/article_12606.html

Власов А.А. Проблемная ориентация ПВС на основе среды со смешанным типом межпроцессорных связей. ИПУ РАН 2010 труды конф. «Параллельные вычисления и задачи управления РАСО-2010»