

тимального распределения человеческого капитала в соответствии с характером решаемых задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Скорород С.В.* К вопросу о формировании замкнутого трудового коллектива // Исследовано в России: электронный многопредметный научный журнал, 43, 2008., с. 503-510, URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2008/043.pdf> (дата обращения: 30.04.09).
2. *Скорород С.В.* Оптимизационная задача подбора сотрудников для замкнутого трудового коллектива // IX научно-практическая конференция преподавателей, студентов, аспирантов и молодых учёных (Таганрог, ТИУиЭ, 11-12 апреля 2008 г.): сборник докладов.– Таганрог: Изд-во ТИУиЭ, 2008, Т.3. – С. 45-48.

Скорород Сергей Васильевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: sss64@mail.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)648-891.

Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; доцент.

Skorokhod Sergey Vasilievich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: sss64@mail.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634) 648-891.

The Department of Computer Aided Design; associated professor.

УДК 519.7.004.8 + 681.3

О.Н. Родзина

КЛАСТЕРНАЯ ОБРАБОТКА ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ САПР*

В статье рассматриваются вопросы организация параллелизма на уровне производственных правил представления знаний в интеллектуальных САПР. Формулируются утверждения, необходимые для получения списка параллельно выполняемых правил. Оценивается выигрыш во времени при параллельной работе эвристических алгоритмов поиска. Эксперименты проводились с использованием кластера HP BladeSystem c-класса.

Параллельные вычисления; кластер; сеть Петри; производственные правила; база знаний.

O.N. Rodzina

CLUSTER PRODUCTION HANDLING OF KNOWLEDGE OF INTELLIGENT CAD

The article deals with the organization of parallelism at the level of production of knowledge representation in intelligent CAD systems. Formulated approval necessary to obtain a list of

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 08-01-00473), г/б № 1.04.01, г/б № 2.1.2.1652..

parallel executed rules. Estimated gains over time in parallel heuristic search algorithm. Experiments were carried out using a cluster of HP BladeSystem c-Class.

Parallel computation; cluster; Petri net; production rules; knowledge base.

Введение. Создание многоядерных структур процессоров, недорогих кластерных решений на основе стандартных компонентов, массовое использование распределенных вычислений отражают тенденцию к параллелизму в различных его проявлениях. В таких условиях особую ценность представляют алгоритмы, допускающие возможность распараллеливания по нескольким процессорным элементам или компьютерам [1].

В интеллектуальных САПР для решения задач синтеза и оптимизации проектных решений применяются алгоритмы и методы, которые, обладая хорошей структурированностью, регулярностью и рекурсивностью, допускают эффективное распараллеливание. Использование для решения этих задач дорогостоящих и малораспространенных спецпроцессоров ограничивает круг пользователей, поэтому широкое применение находят параллельные вычисления на кластерных конфигурациях. Учитывая всё возрастающий объём информации, поступающий на анализ и обработку проектных решений, по-видимому, альтернативы использованию параллельных вычислений не существует. Исследуем подробнее возможности организации параллельных вычислений и параллельной обработки проектных решений на основе кластерных конфигураций для широко применяемых в интеллектуальных САПР баз знаний, построенных по типу продукционных правил. Исследование проводилось с использованием кластера HP BladeSystem c-класса, приобретенного в ТТИ ЮФУ в рамках программы развития университета.

Общая характеристика кластера. Кластерные решения являются одной из движущих сил высокопроизводительных распределенных вычислений благодаря своей гибкости и высокой производительности. В частности, HP BladeSystem c-класса относится к системам, обладающим большими вычислительными возможностями, и включает множество специально разработанных технологий: обеспечение многократной масштабируемости и возможность быстрой адаптации инфраструктуры под изменяющиеся запросы приложений, адекватная производительность, а также относительно небольшая площадь, занимаемая оборудованием и незначительное энергопотребление. Важным преимуществом блейд-системы также является плотность компоновки серверной инфраструктуры, не влияющая на производительность оборудования.

Что такое блейд-сервер? Блейд-сервер представляет собой компактную серверную плату, которая устанавливается в шасси. Серверная плата оснащена процессорами, памятью и сетевыми интерфейсами. Шасси позволяет серверам использовать общие сетевые подключения, систему охлаждения и источники питания. В частности, блейд-серверы HP имеют большую плотность размещения процессоров и не требуют значительных затрат времени на конфигурирование и выполнение различных рутинных задач, стоящих перед системным администратором. Архитектура блейд-системы является модульной, резервируемой и включает систему управления, коммутации, источники питания и охлаждения.

В серверную полку блейд-системы можно установить до 8 блейд-серверов полной высоты с четырьмя жесткими дисками SFF SAS/SATA с возможностью горячей замены и до 12 модулей оперативной памяти. В серверы обычно устанавливаются до двух процессоров Intel Xeon или до четырех процессоров AMD Opteron или до двух процессоров Intel Itanium 2. Плотная упаковка блейд-серверов позволяет сократить

объемы, занимаемые вычислительной системой, для поддержания стабильной работы применяется эффективная система питания и охлаждения.

Для подключения к блейд-системе сети хранения данных или локальной сети на серверной полке имеются отсеки для установки различных опций коммутации с SAN и сетевой коммутации. Модули коммутации устанавливаются в отсеки попарно для повышения отказоустойчивости, то есть каждый коммутационный контроллер сервера одновременно соединен с двумя соседними модулями. Дополнительные сетевые контроллеры поддерживают кроме множества сетевых стандартов и протоколов (IEEE 802.1p, 802.1Q, 802.3, 802.3ad, and 802.3x), также различные механизмы для снижения нагрузки на центральный процессор при передаче и обработки данных. SAN -контроллеры мезонинного типа (Emulex LPe 1105-HP 4Gb FC HBA, QLogic QMH2462 4Gb FC HBA) обеспечивают работу по протоколу Fiber Channel со скоростью до 4 Гбит/с, поддержку автоматического распознавания топологии SAN-сети и работу с системами хранения различных производителей.

Комплексная система управления включает в себя HP System Insight Manager (SIM), ProLiant Essentials и интеллектуальные средства управления, которые упрощают конфигурацию и интегрируют удаленное управление, управление энергопотреблением, мониторинг и управление виртуальными машинами, быстрое разворачивание операционных систем, а также их обновление и контроль безопасности. Пропускная способность канала между PCI Expansion Blade и блейд-сервером равна x4.

В случае грамотного развертывания кластеры на базе блейд-серверов могут быть значительно более гибкими и управляемыми, нежели суперкомпьютеры. С прикладной точки зрения высокопроизводительные блейд-серверы могут использоваться, в интеллектуальных САПР для анализа и математического моделирования проектных решений, представления и обработки правил проектирования и т.д.

Выигрыш во времени, получаемый при использовании распараллеливания работы эвристических алгоритмов поиска. Обозначим через $S(P)$ относительный выигрыш по времени, получаемый при различных вариантах распараллеливания работы эвристических алгоритмов поиска проектных решений в интеллектуальной САПР; через $N(P)$ число узлов, сгенерированных на P процессорах в течение одного цикла работы алгоритма.

Величину $S(P)$ можно оценивать по-разному. Например, как отношение величины $N(1)/1$ (среднее число узлов, сгенерированных на однопроцессорной машине в течение одного цикла работы алгоритма) к величине $N(P)/P$ (среднее число узлов, сгенерированных на P процессорах в течение одного цикла работы алгоритма):

$$S(P) = [N(1)/1] / [N(P)/P] = P \cdot N(1)/N(P) = S_1. \quad (1)$$

Соотношение (1) предполагает полную загрузку процессоров без учета простоев. Обозначим через $C_G(P)$ фактический номер цикла работы алгоритма. Тогда

$$S(P) = C_G(1)/C_G(P) = N(1)/C_G(P). \quad (2)$$

Пусть t_G – время простоя на однопроцессорной машине, требуемое в течение одного цикла работы алгоритма, а $T_L(P)$ – среднее время, необходимое для балансирования загрузки на P процессорах. Тогда

$$S(P) = [C_G(1) t_G] / [C_G(P) \cdot (t_G + T_L(P)/C_G(P))]. \quad (3)$$

Эксперименты с 4, 8 и 16 параллельно работающими процессорами показали, что относительный выигрыш во времени лежат в диапазоне от 2/3 до 3/4, причем максимальный выигрыш достигается при использовании алгоритма поиска в глук-

бину и процедуры «жадного» перераспределения при динамической балансировке загрузки процессоров.

Организация параллелизма на уровне представления знаний о проектных решениях. Параллелизм в системе можно расширить за счет распределенного представления знаний [2].

Удобной структурной моделью для описания асинхронных параллельных недетерминированных процессов и систем производственного типа является *сеть Петри*, которая содержит два типа вершин (позиции и переходы, изображаемые кружками и полочками соответственно), соединяемых дугами. Статически модель сети задается двудольным оргграфом; ее исходное состояние – начальной маркировкой некоторых позиций, динамика вносится соглашением о правиле срабатывания переходов, а процесс функционирования сети состоит в переходе от одной маркировки к другой посредством срабатываний переходов. Каждый antecedent и последовательность высказываний можно представить позициями и переходами.

Как организовать параллелизм при производственном представлении знаний? В производственном программировании система включает множество правил, рабочую память и интерпретатор правил. Правила, содержащие antecedent и консеквент, выполняются последовательно. Понятно, что эффективность работы системы может быть улучшена при параллельной обработке правил. Однако не все правила можно обрабатывать параллельно. Например, два правила, в которых элементы antecedenta одного совпадают с элементами консеквента другого, не могут выполняться параллельно. Поэтому необходима определенная формальная процедура, позволяющая избежать подобного рода ситуации.

Пусть L_i и R_i соответственно antecedent и консеквент некоторого правила вывода PR_i . Если они имеют общие элементы K_i , то

$$K_i = L_i \cap R_i. \quad (4)$$

Тогда справедливы следующие утверждения.

Утверждение 1. Если консеквент правила PR_1 имеет с правилом PR_2 общие элементы, такие что

$$R_1 \cap (R_2 \setminus K_2) \neq \emptyset, \quad (5)$$

то правило PR_1 является *зависимым по выходу* от правила PR_2 .

Утверждение 2. Если antecedent правила PR_1 имеет с правилом PR_2 общие элементы, такие что

$$L_1 \cap (L_2 \setminus K_2) \neq \emptyset, \quad (6)$$

то правило PR_1 является *зависящим по входу* от правила PR_2 .

Утверждение 3. Если для двух правил PR_1 и PR_2

$$K_1 \cap K_2 \neq \emptyset, \quad (7)$$

то правила являются *взаимосвязанными*.

Утверждение 4. Если antecedent правила PR_1 имеет с правилом PR_2 общие элементы, такие что

$$L_1 \cap (R_2 \setminus K_2) \neq \emptyset, \quad (8)$$

то правило PR_1 является *зависящим по входу-выходу* от правила PR_2 .

Утверждение 5. Если консеквент правила PR_1 имеет с правилом PR_2 общие элементы, такие что

$$R_1 \cap (L_2 \setminus K_2) \neq \emptyset, \quad (9)$$

то правило PR1 является зависящим по выходу-входу от правила PR2.

Утверждение 6. Правило PR1 совместимо с правилом PR2, если оно не зависит от него ни по входу, ни по выходу-входу.

Утверждение 7. Два правила PR1 и PR2 можно выполнять *параллельно*, если они являются совместимыми.

С учетом этих утверждений нетрудно получить списки параллельно выполняемых правил продукционной системы, составив матрицу параллелизма:

$$P = \parallel p_{ij} \parallel_{n \times n},$$

где $p_{ij} = 0$, если правило PRi совместимо с правилом PRj; $p_{ij} = 1$ в противном случае.

Эта матрица обладает следующим свойством: если $p_{ij} = p_{ji} = 0$, то правила PRi и PRj являются взаимно совместимыми. Используя это свойство матрицы нетрудно определить *максимальный* набор совместимых правил.

Пусть, например, продукционная система включает 6 правил, а матрица параллелизма для них имеет следующий вид:

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Тогда списки совместимых правил имеют вид:

$$S1 = \{PR3, PR4, PR6\}, \quad S2 = \{PR1, PR2, PR4, PR6\}, \quad S3 = \{PR1, PR5\}.$$

Совместимые правила можно параллельно обрабатывать на различных процессорах.

Заключение. Параллельная обработка представленных в базе знаний интеллектуальной САПР продукционных правил, описывающих проектные решения, – это эффективный способ решения трудных задач автоматизации проектирования. Рассмотренные в статье вопросы организации параллелизма на уровне представления знаний о проектных решениях и предлагаемые решения позволяют предположить, что возможен выигрыш во времени, получаемый при использовании распараллеливания работы эвристических правил и алгоритмов проектирования, выполняемых одновременно.

Перспективным направлением дальнейших работ в данной области исследования является разработка технологии проектирования высокопроизводительных продукционных систем, которые получили в настоящее время наибольшее распространение в качестве средств внутренней интеллектуализации САПР.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
2. Konar A. Artificial intelligence and soft computing. – London: CRC Press LLC, 2000. – 778 p.

Родзина Ольга Николаевна

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: rodzina@mopevm.tsure.ru.
347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.
Тел.: 8(8634)371-673.
Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ; старший преподаватель.

Rodzina Olga Nikolaevna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: rodzina@mopevm.tsure.ru.
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.
Phone: 8(8634)371-673.

The Department of Computer Aided Design; associated professor; senior lecturer.

УДК 519.712.2

С.Н. Щеглов

**ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В СИСТЕМАХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ***

В статье рассматривается онтологический подход и его использование в системах представления знаний. Основная роль в описании знаний отводится онтологиям, которые используются при проектировании баз знаний, создании экспертных систем и систем поддержки принятия решений, разработке сред, ориентированных на совместное использование информации несколькими пользователями, и разработке различных поисковых систем. Рассматриваются вопросы, связанные с понятием онтологии, представлены виды онтологий, основные задачи, решаемые с помощью онтологии.

Данные; знания; предметная область; естественный язык; сетевые модели; базы общих знаний (common knowledge); экспертные системы; системы управления; интеллектуальные системы.

S.N. Shcheglov

**THE ONTOLOGIC APPROACH AND ITS USE IN SYSTEMS OF
REPRESENTATION OF KNOWLEDGE**

In article the ontologic approach and its use in systems of representation of knowledge is considered. The basic role in the description of knowledge is taken away ontologies which are used at designing of knowledge bases, creation of expert systems and systems of support of decision-making, working out of the environments focused on sharing of the information by several users, and working out of various search systems. The questions connected with concept онтологий are considered, kinds онтологий, the primary goals solved with the help ontologies are presented.

Data; knowledge; a subject domain; a natural language; network models; bases of the general knowledge (common knowledge); expert systems; control systems; intellectual systems.

Введение. Развитие Интернет привело к появлению значительного количества разрозненных источников и хранилищ информации (баз данных и знаний, отдельных информационных ресурсов и т.п.), характеризующихся различными способами представления, форматами и языками описания информации. Для того, чтобы свести разнообразно представленную информацию к общепонятному виду и

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 09-07-00318), г/б № 2.1.2.1652.