

Концепция построения графодинамической машины с SIMD-архитектурой

Вереник Н.Л.; Татур М.М.

Кафедра электронных вычислительных машин
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь
e-mail: nick.verenik@gmail.com

Аннотация—Рассматривается концепция построения универсальных графодинамических машин на базе параллельного процессора с SIMD-архитектурой.

Ключевые слова: интеллектуальная система; графодинамическая машина; графовый процессор; параллельный процессор; семантическая сеть

I. ВВЕДЕНИЕ

Графодинамическая машина (ГДМ) – программная или аппаратная система, ориентированная на решение задач на графах. Согласно понятию графодинамики [1] входы, выходы и внутреннее состояние такой системы представляются структурами общего вида, принимающими значение из произвольного множества графов.

Предназначением ГДМ является решение различных комбинаторно-логических задач на графах, а также задач, допускающих построение сетевых моделей, позволяющих в конечном итоге интерпретировать исходную задачу в терминах теории графов. Характерной чертой решаемых задач является их высокая структурная и динамическая сложность, общее решение таких задач зачастую сводится к классу трансвычислительных: уже при относительно небольшом числе вершин графа время решения методом перебора превышает возможности любых теоретически мыслимых вычислительных систем. Однако с учетом специфики частных задач, а также в результате формулировки задачи на языке теории графов, можно получить более простые методы решения, часто практически реализуемые.

Стоит отметить тот факт, что на сегодняшний день все реально существующие системы, ориентированные на решение задач на графах, представлены лишь в виде единичных лабораторных образцов, дорогих и сложных в применении [2]. Представленных на рынке коммерческих (промышленных) аналогов подобных систем не существует.

В данной работе рассмотрена концепция построения ГДМ, позволяющая создать целый ряд универсальных, эффективных, недорогих, простых в понимании и применении вычислительных систем, ориентированных на решение задач на графах.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является разработка концепции, позволяющей реализовать на практике универсальные ГДМ, применимые для решения любого класса задач на графах и отличающиеся своей простотой и эффективностью, высокой производительностью,

масштабируемостью и низкой стоимостью производства.

Основной задачей, которую предстоит решить, является достижение такого уровня производительности ГДМ, который бы позволил эффективно решать реально полезные практические задачи, что возможно лишь при организации параллельной обработки данных в системе.

Перечислим ряд основополагающих тезисов, на базе которых строилась исследовательская работа [2]:

1. В качестве формальной основы концепции предлагается использовать графодинамическую парадигму переработки знаний, описанную в ряде работ [3, 4] и представляющуюся авторам одним из наиболее перспективных направлений в разработке интеллектуальных систем (ИС) на сегодняшний день.

2. Для представления системы (совокупности знаний и правил обработки этих знаний) использовать унифицированную однородную семантическую сеть, являющуюся по своей сути графовой структурой.

3. Для представления знаний использовать базовый универсальный язык семантических сетей SC, для описания процессов обработки знаний – базовый графовый язык программирования SCP. Важнейшей особенностью всех графовых языков программирования является использование ассоциативного доступа к обрабатываемым фрагментам, хранимым в памяти системы.

4. Необходимо обеспечить максимальную платформенную независимость технологии создания ГДМ, для чего максимальным образом разграничить процесс проектирования формального описания логико-семантической модели ГДМ от процесса реализации (интерпретации) этой модели на той или иной платформе.

Отметим, что языки SC и SCP являются стандартом полного формального описания логико-семантических моделей ИС, обеспечивая независимость проектирования абстрактных логико-семантических моделей от разработки различных вариантов их реализации. В свою очередь, предлагаемая концепция направлена на переход от верхнего уровня проектирования ГДМ к нижнему, платформенно-зависимому варианту реализации ГДМ.

III. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ГРАФОДИНАМИЧЕСКИХ МАШИН

Концептуальный подход к проектированию ГДМ заключается, в первую очередь, в разработке универсального варианта интерпретации (кодирования) sc-модели. Данная интерпретация является низкоуровневым представлением

произвольного sc-текста, обеспечивающего эквивалентность процессов представления и обработки знаний на всех абстрактных уровнях ГДМ.

В общем случае sc-текст может быть рассмотрен как некоторая графовая структура – множество вершин и связей между ними. Все элементы sc-текста обладают дополнительной семантикой и, согласно стандарту SC, могут быть описаны конечным набором атрибутов.

В основе интерпретации предлагается использовать классический граф инцидентности, что позволит максимально упростить процесс кодирования sc-текста на аппаратном уровне ГДМ. Трансляция произвольного sc-текста в граф инцидентности может быть сведена к простейшему алгоритму [2]. В результате, знания ГДМ примут вид двух линейных таблиц – таблиц вершин и данных графа инцидентности.

Команды для работы с памятью ГДМ можно условно разделить на 4 вида: добавление элемента, удаление элемента, изменение элемента и поиск элементов графа, в соответствии с введенным запросом. Вопрос эффективной реализации команд поиска является центральным в разработке любой ИС.

В качестве базовой архитектуры ГДМ предлагается использовать SIMD-архитектуру (согласно классификации Флинна, описанной во множестве работ, например [5]) магистрального типа с оперативной памятью основного локального типа. Пример базовой структуры представлен на «Рис. 1».

В системе можно выделить одно общее устройство управления и множество процессорных элементов (ПЭ), параллельно выполняющих общую команду. Каждый ПЭ имеет свою собственную (локальную) память для хранения данных, в результате вся память системы распределяется между ПЭ. Можно выделить два типа ПЭ в соответствии с тем, данные какого типа (вершины или дуги) хранятся в элементе.

Команда, находящаяся на выполнении, анализируется и транслируется устройством управления на все подключенные к нему ПЭ вместе с необходимыми параметрами по трем шинам: шине управления, шине идентификаторов и шине атрибутов.

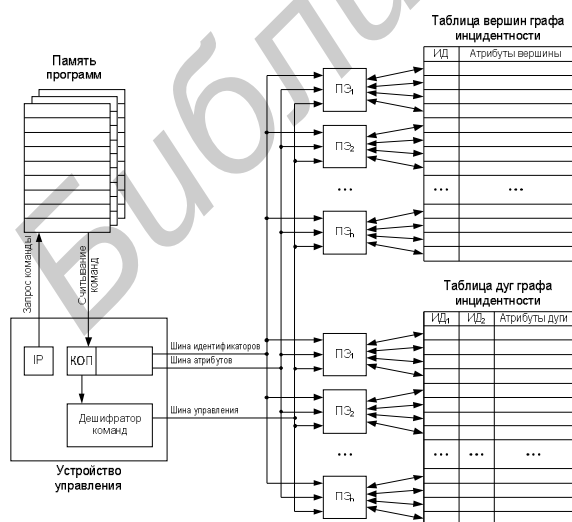


Рис. 1. Эскиз архитектуры ГДМ

Таким образом, обработка поискового запроса представляет собой параллельный опрос устройством управления всех подключенных к нему ПЭ, что равносильно полному перебору всех знаний системы за время, равное времени срабатывания наиболее медленного ПЭ. При этом ПЭ функционально может быть сравним с простым компаратором, что сводит стоимость его производства к минимуму.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе изложены результаты научного исследования [2], итогом которого явилось создание эскиза архитектуры универсальной ГДМ. Данная архитектура обладает рядом преимуществ:

1. Предлагаемая ГДМ является по своей сути спецпроцессором, ориентированным на обработку графовых структур, что позволяет говорить о возможности достижения максимального быстродействия системы при сохранении достаточно простой ее структуры.

2. ГДМ ориентирована на эффективное решение задач на графах, к которым может быть сведено огромное количество реально полезных задач прикладного характера, что говорит об универсальности системы.

3. Предложенная архитектура ГДМ при своей достаточно простой структуре (SIMD-процессора) позволяет обеспечить легкое наращивание производительности за счет подключения дополнительных ПЭ. В то же время наращивание системы обеспечивает и увеличение размера оперативной памяти системы, что особенно критично при создании ИС, характеризующихся огромными объемами перерабатываемых данных.

4. Использование в качестве формальной основы графодинамических моделей переработки знаний говорит об актуальности исследований по отношению к созданию новых оригинальных архитектур проблемно-ориентированных процессоров, таких как семантические процессоры, ассоциативные процессоры [3, 4] и других, применимых для построения ИС.

- [1] Айзерман, М. А. Динамический подход к анализу структур, описываемых графами (основы графодинамики) / М. А. Айзерман, Л. А. Гусев, С. В. Петров, И. М. Смирнова, Л. А. Тененбаум // Исследования по теории структур. – М. : Наука, 1988. - С. 5-76.
- [2] Вереник Н. Л. Разработка семантического процессора с параллельной наращиваемой архитектурой / Н. Л. Вереник // Диссертация на соискание академической степени магистра технических наук – Минск : 2012. – 57 с.
- [3] Представление и обработка знаний в графодинамических ассоциативных машинах / В. В. Голенков [и др.]. – Мн. : БГУИР, 2001. – 412 с.
- [4] Графодинамические модели параллельной обработки знаний: принципы построения, реализации и проектирования / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : материалы II Междунар. научн.-техн. конф. (Минск, 16-18 февраля 2012 г.) / редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР, 2012. – С. 23 – 52.
- [5] Головкин, Б. А. Параллельные вычислительные системы / Б. А. Головкин. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. – 520 с.