

Анализ качества блочных разбиений граф-схем параллельных алгоритмов при проектировании систем логического управления с использованием грид-систем на добровольной основе

Одним из перспективных способов проектирования систем логического управления (СЛУ) является их реализация в базисе логических мультиконтроллеров (ЛМК), которые представляют собой коллектив однотипных контроллеров, объединенных общей сетью с регулярной топологией [1]. Одной из задач дискретной оптимизации [2], возникающей при их проектировании, является задача поиска разбиений [3]. Качество ее решения напрямую влияет на аппаратную сложность и быстродействие проектируемого ЛМК. Для ее решения применяются эвристические методы, которые характеризуются как различным качеством получаемых решений, так и различными затратами вычислительного времени на их формирование.

Вычислительные эксперименты, выполненные на выборках граф-схем параллельных алгоритмов в псевдослучайной структурой и настраиваемыми параметрами, позволили выявить наличие зависимости качества разбиений как от размерности решаемой задачи (числа вершин N в составе граф-схемы), так и от силы ограничений. Для более подробного анализа качества решений потребовались существенные вычислительные ресурсы, ввиду чего необходимые расчеты были реализованы в проекте добровольных распределенных вычислений Gerasim@Home на платформе BOINC. Целью расчетов было построение разбиений для заданной точки пространства, образованного размерностью задачи N и ограничениями X_{\max} и W_{\max} (на число принимаемых сигналов логических условий и емкость памяти микрокоманд контроллера соответственно), с последующим попарным сравнением полученных выборок результатов, построением двумерных срезов исследуемого пространства и их анализом.

В настоящее время произведен анализ двух срезов пространства ($1 \leq N \leq 700$, $3 \leq X_{\max} \leq 150$ и $1 \leq N \leq 600$, $3 \leq W_{\max} \leq 200$) для методов С.И. Баранова, его модификации с ограничением на смежность и метода параллельно-последовательной декомпозиции. Для ограниченной области пространства ($1 \leq N \leq 200$) произведена оценка потенциала метода случайного перебора с фиксированным числом итераций. Указанные расчеты были выполнены в рамках проекта в период июля 2010 года по март 2016 года (с перерывами для анализа данных и других расчетов). В результате было получено более 500 ГБ экспериментальных данных, в расчетах приняли участие более 2000 добровольцев из 69 стран, привлечших к расчетам более 1000 машин, в совокупности обеспечивших реальную производительность обработки 2–3 TFLOPS.

В результате анализа полученных данных сделан и опубликован в установленном порядке ряд выводов. Прежде всего, подтверждена сильная зонная зависимость качества решений от точки пространства параметров. Выявлено, что зоной преимущественного использования метода С.И. Баранова является зона слабых или отсутствующих ограничений, метода параллельно-последовательной декомпозиции – зона сильных и очень сильных ограничений, смежная модификация метода С.И. Баранова занимает компромиссное положение в области ограничений средней силы. Метод случайного перебора может быть с успехом использован в области сильных ограничений и граф-схем с малым числом вершин. С использованием полученных зависимостей выявлены т.н. «зоны нечувствительности» – области пространства параметров, для которых вариация силы ограничения влияет лишь на аппаратную сложность контроллеров, но не оказывает влияния на их функциональные характеристики. Данная особенность может быть использована при структурно-параметрической оптимизации ЛМК и позволяет

существенно (до нескольких раз) снизить его аппаратную сложность за счет выбора оптимальной структуры с большим числом относительно простых контроллеров.

В перспективе исследований планируется расширение исследуемых областей (по N до 800, по X_{\max} до 200, по W_{\max} до 300), в настоящее время выполняется постобработка соответствующих экспериментальных результатов. Кроме того, планируется разработка, программная оптимизация и апробация программных реализаций, соответствующих более интеллектуальным известным итерационным методам синтеза разбиений и их многостадийным модификациям, характеризующихся меньшими затратами вычислительного времени, лучшим качеством результирующих решений и большей скоростью сходимости.

Библиографический список

1. Организация и синтез микропрограммных мультимикроконтроллеров / Зотов И.В., Колосков В.А., Титов В.С. и др. Курск, 1999. 368 с.
2. Ватутин Э.И., Титов В.С., Емельянов С.Г. Основы дискретной комбинаторной оптимизации. М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2016. 270 с.
3. Ватутин Э.И. Проектирование логических мультимикроконтроллеров. Синтез разбиений параллельных граф-схем алгоритмов. Saarbrücken: LAP, 2011. 292 с.