

# Применение coarray Fortran для реализации методов тензорного анализа сетей

Ю.Н. Сохор

Тензорные методы расчета технических устройств были предложены в 30-60-х годах прошлого столетия Г.Кроном [1] для расчета сложных технических систем. Техническая система описывается дифференциальными уравнениями в частных производных и обыкновенными дифференциальными уравнениями. В результате аппроксимации дифференциальных уравнений, строятся алгебраические уравнения, которым ставится в соответствие электрическая резистивная сеть. Введение различных координатных систем и их преобразование по правилам тензорной математики, позволяет свести расчет большой системы к расчету систем меньших размеров.

В данной работе, для реализации тензорных методов, была применена технология программирования coarray Fortran (CAF). В статье Р.Намрича [2] отмечается, что CAF представляет согласование тензорных обозначений с расширенным синтаксисом массивов Фортрана. Название технологии coarray связано с ее «тензорным» происхождением, так как другое название тензорного исчисления - ковариантное исчисление. Ковариантный тензор – аналог комассивов (coarray) в программировании. Технология может использоваться для архитектур с распределенной и (или) общей памятью. В настоящей работе расчеты выполнялись на 32-х ядерной архитектуре Intel® Manycore Testing Lab [3] с использованием компиляторов Intel Fortran 12.0 и g95 для Linux.

Программа, написанная на CAF, копируется (отображается) в оперативной памяти  $N$  раз. Данные каждого отображения (image) доступны друг другу, если объявлены в программе в соответствии с синтаксисом coarray. Пересылка данных от одного отображения на другое выполняется также по синтаксическим правилам индексации комассивов, например, запись:  $U(i) = U(j)[k]$  соответствует пересылке  $j$ -го элемента массива  $U$  из  $k$ -го отображения, в  $i$ -й элемент массива  $U$  локального отображения. Можно считать, что в настоящее время это наиболее простой способ программирования межпроцессорного обмена данными.

В ходе исследований рассматривалась задача параллельного расчета эквивалентных узловых подсхем. Электрическая схема собиралась из разного количества подсхем по 1012 или 2047 сопротивлений. Число подсхем варьировалось от 1 до 30, каждая подсхема рассчитывалась на одном отображении. Тестовые расчеты для слабосвязанных схем показали, это для схемы, состоящей из подсхем с размером 1012 сопротивлений каждая, при увеличении числа рассчитываемых подсхем в 30 раз, время вычисления увеличивается линейно всего в 1,5 - 1,6 раза. Предварительные расчеты показали более сильную, по сравнению с кластерными расчетами, зависимость времени расчета от связности подсхем. Результаты исследований публикуются на сайте [4].

## Литература

1. Kron G. Diakoptics. Macdonald, London, 1963
2. Robert W.Numrich. Parallel Numerical Algorithms Based on Tensor Notation and Co-Array Fortran Syntax // Parallel Computing, 31, p.588, 2005
3. Веб страница Intel® Manycore Testing Lab – <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-many-core-testing-lab>
4. Исследование технических систем тензорными методами. Материалы сайта <http://diakoptics.narod.ru>.