تقنيات تخزين جديدة وحلول تكرارية لأنظمة المعادلات الخطية المتناثرة

طه محمد

بحث مقدم لنيل درجة الماجستير في العلوم (علوم الحاسبات)

أشراف

أ.د / راشد محمود
د / عياد البشرى

قسم علوم الحاسبات
كلية الحاسبات وتقنية المعلومات
جامعة الملك عبدالعزيز
جدة- المملكة العربية السعودية
ربيع الأخر ١٤٣٨هـ - يناير ٢٠١٧ م

تقنيات تخزين جديدة وحلول تكرارية لأنظمة المعادلات الخطية المتناثرة

طه محمد

المستخلص

الهدف من رسالتي هو تصميم تقنيات جديدة التي تحسن من أداء الحلول الخطية المتكررة لمتناثرة جاكوبي (Sparse Jacobi iterative linear solvers) لشركة نفيديا (Nvidia) التي تصنع وحدات معالجة الرسومات (GPUs) في الفصل القادم سأذكر الأعمال المتشابهة بالتفصيل للتعرف على التحديات والفجوات البحثية.

وكشف الاستعراض على الهيكل المتناثر للمصفوفة مختلفة بشكل واسع والتي تعتمد على مجالات التطبيق وهذا يطرح تحديات كبرى في الحصول على الأداء الثابت و العالي من الحلول الخطية المتكررة المتناثرة على وحدات معالجة الرسومات (GPUs). وهذه التحديات تشمل على وصول المصفوفة المتناثرة بشكل متسلسل للذاكرة وأيضا وصول المصفوفة المتجهة تكون بشكل متسلسل للذاكرة وموازنة التحميل بين العمليات الخفيفة (threads) و واربس (warps).

لقد قمنا بتطوير أداة التعلم العميق التي يستخدم مجموعة واسعة من المميزات لمعالجة حيوية لهذه المشاكل واستدعاء أنسب طريقة للتخزين للحلول التكرارية لأنظمة المعادلة الخطية المتناثرة. أداة الحل التكرارية التي اقترحناها تم اختبارها على المصفوفات القادمة من مشاكل العالم الحقيقية. اقتراحنا أظهر أداء أعلى بنسبة ٢٥٪ مقارنة مع الأعمال الأخرى من حيث وقت التنفيذ و جيفلوبس (GFLOPS).

مساهماتي في الرسالة تشمل على أحدث التقنيات في تقنية التخزين المتناثرة. قمنا بتطوير الشبكة العصبية العميقة بإستخدام الخصائص الجديدة وأيضا قدمنا أداة للحلول التكرارية لأنظمة المعادلة الخطية المتناثرة.

A Novel Deep Learning based Iterative Solver for Large Sparse Linear Equation Systems

By

Thaha Muhammed

A thesis submitted for the partial requirements of the degree of

Master of Science in Computer Science

Supervised By

Prof. Rashid Mehmood

Dr. Aiaad Al-Beshri

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE
FACULTY OF COMPUTING AND INFORMATION TECHNOLOGY
KING ABDULAZIZ UNIVERSITY
JEDDAH – SAUDI ARABIA
Rajab 1438H – April 2017G

A Novel Deep Learning based Iterative Solver for Large Sparse Linear Equation Systems

Thaha Muhammed

Abstract

Sparse Matrix-Vector multiplication (SpMV) is one of the key operations in linear algebra that lies at the heart of diverse domains such as scientific computing, engineering, economic modeling, and information retrieval, to name a few. They play a significant role in solving linear system of equations using iterative methods. Sparse Kernels are computational operations on matrices whose entries are mostly zero so that computations with and storage of these zero elements may be eliminated. The emergence of parallel architectures, especially GPU, while offering higher computational performance, has led to the redesign of existing algorithms to suit the architecture.

The aim of this thesis is to design novel techniques that improve the performance of sparse Jacobi iterative linear solvers on Nvidia based GPUs. A detailed review of the relevant literature is carried out to identify the challenges and the research gaps. The review revealed that the matrix sparsity structures vary widely based on the application domains and this poses major challenges in obtaining consistent high performance from sparse iterative solvers on Nvidia Tesla K20 GPUs. These challenges include coalesced memory access to the sparse matrix and vector and load balancing among threads and warps. We have developed a deep learning tool that uses an extended set of features to dynamically address these challenges and invoke the most suitable storage format for the iterative solution of sparse linear equation systems. The iterative solver tool has been tested on matrices arising from real world problems. Compared to other leading works, our tool demonstrated 25% or higher performance on average in terms of the execution time and GFLOPS.

The contributions of this thesis include a state of the art survey on sparse storage schemes, a deep learning based novel methodology based on an extended set of sparse matrix features and a tool for the iterative solution of sparse linear equation systems.