نموذج برمجي متكيف وهجين للأنظمة الحوسبية بسرعة إكساسكيل

محمد عثمان أشرف

إشراف

أ.د فتحي البرعي عيسى

د عيَّاد أحمد البشري

في نهاية العقد الحالي، من المُتوقع أن تضم أنظمة الحوسبة العملاقة مئات الآلاف من عقد الحوسبة الغير متجانسة و المتصلة بشبكات معقدة. سيكون مثل هذا النظام الحاسوبي القوي قادراً على معالجة حسابات من رتبة اكسافلوب في الثانية الواحدة, و الذي يفوق بآلاف المرات قدرة نظام البيتاسكيل. يعاني هذا المستوى الرفيع من الحوسبة في أنظمة الاكساسكيل من العديد من أوجه القصور مثل, استهلاك الطاقة الكبير الذي يقارب من عشرين إلى ثلاثين ميغاواط, وقت التسليم بحوالي ألفين و عشرين, عدد النوى بحوالي مائة مليون, و الميزانية التي تفوق أو تقل بقليل عن مائتي مليون دولار. في ظل هذه القيود الصارمة و من أجل تحقيق مثل هكذا نظام حوسبة إكسكاسيل مُستهدف, يتمثل أحد العناصر المفتاحية في التصميم المشترك للتطبيقات والمعماريات وبيئات البرمجة على مستوى الهاردوير (بما في ذلك تقنيات الطاقة المنخفضة على جميع المستويات) و مستوى

السوفتوير (لكامل البرمجيات, بما فيها الموديلات البرمجية, أنظمة التشغيل, المترجمات, التطبيقات, و الخوارزميات).

في هذه الدراسة, اقترحنا موديلاً برمجياً هجيناً و متكيفاً مع أنظمة الحوسبة إكساسكيل الناشئة (AHP), و الذي يتمتع بالقدرة على التعامل مع كِلا البُنى المتجانسة و غير المتجانسة. يستقبل الموديل AHP الداتا الدخل من المبرمج و المكتوبة بلغة هجينة c++ و AHP , و يحللها بعدة طرق لاختيار أفضل موديل برمجي تفرعي للمعالجة. يحتوي الموديل AHP على العديد من الموديلات البرمجية التفرعية و المتباعدة - على عدة مستويات هرمية (أحادية , ثنائية, ثلاثية) - حيث تلعب رسائل الـ MPI دوراً فعَّالاً (في كل مستوى هرمي) لتوزيع المعالَجات. إضافةً إلى ذلك, فقد طبقنا موديل الـ AHP على تطبيقات حوسبية عالية الأداء مختلفة, و قمنا بحساب المقاييس الأساسية مُتضَمِنةً الاداء و استهلاك الطاقة. علاوةً على ذلك, فقد تم تقييم هذه المقاييس أيضاً مع عدة موديلات موجودة ومقارنتها مع AHP. و كانت نتيجة ذلك أن تفوق موديل AHP المُقترح على جميع النماذج فيما يتعلق بالأداء واستهلاك الطاقة. إن موديل AHP المُقترح يمكن اعتباره نموذجاً يُحتذى به لنظم الحوسبة إكساسكيل في المستقبل.

ADAPTIVE HYBRID PROGRAMMING MODEL FOR EXASCALE COMPUTING SYSTEMS

By

Muhammad Usman Ashraf

Supervised By

Prof. Dr. Fathy Alboraei Eassa

Dr. Aiiad Ahmad Albeshari

At the end of current decade, Exascale supercomputers are expected to comprise hundreds of thousands of heterogeneous compute nodes linked by complex networks. Such extreme computing system will be capable to compute one ExaFlops calculation per second, which is thousands-fold increase in current Petascale system. A prominent level of computation for exascale system have some effective limitations such as energy consumption approximately twenty to thirty MW, time of delivery about two thousand twenty , number of cores around one hundred million and budget more or less two hundred million dollars. In order to achieve targeted Exascale computing system under these strict constraints, a key element of the strategy is the co-design of applications, architectures and programming environments at both hardware (including low-power techniques on all levels) and software level (for the entire software stack, including programming models, operating systems, compilers, applications and algorithms).

Existing technologies are facing several substantial challenges to approach such extreme computing system. The major challenge for Exascale computing system is that such system does not exist yet.

In current study, we proposed a novel adaptive hybrid programing (AHP) model for emerging Exascale computing systems that is capable to deal both homogenous & heterogeneous architectures. AHP model contained several loosely coupled parallel programming models at multiple levels where MPI play a vital role in each one for distributing processing. The suggested model attains massive performance by processing data over inter-node, intra-node and GPUs. In addition, we implemented AHP model in different HPC applications and measured fundamental metrics including performance and power consumption. Furthermore, these metrics were also evaluated from several existing model and compared with AHP. Consequently, the proposed AHP model can be considered as an initiative model for future Exascale computing systems.