مستخلص

يمثل استهلاك الطاقة المفرط العقبة الرئيسية أمام بناء الجيل الجديد من أجهزة الحاسبات العملاقة في المستقبل القريب. بالإضافة الى أن هناك طلب كبير على إجراء عمليات حسابية معقدة لاكتشافات جديدة في مجال العلوم والتقنية والتي من غير الممكن عملها حاليا باستخدام القدرة الحاسوبية للجيل الحالي.

استجابة لهذا الطلب، هناك حاجة إلى الجيل الجديد من أجهزة الحاسبات العملاقة للوصول إلى أداء عالي بقدرة اكساسكيل. لمعالجة هذه المشكلة وتحقيق أداء اكساسكيل في حدود استهلاك معقول للطاقة، يجب بذل مزيد من الجهود من مجتمع الحوسبة عالية الأداء سواء في تطوير العتاد أو اكتشاف البرمجيات الأكثر كفاءة باستهلاك الطاقة. سيصبح إيجاد طرق جديدة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة تحديا رئيسيا للباحثين في مجال الجيل الجديد للحوسبة عالية الاداء اكساسكيل.

بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن تصبح وحدات المعالجة المركزية الحديثة مثل ساندي بريدج وهاسويل، مكونًا مهمًا في بناء الجيل الجديد من الحوسبة عالية الأداء اكساسكيل نظرًا لأدائها العالي والكفاءة في استهلاك الطاقة.

في هذه الرسالة، نسلط الضوء على الحاجة إلى إيجاد تقنيات جديدة لمعالجة مشكلة استهلاك الطاقة المفرط في الجيل الجديد من الحوسبة عالية الأداء اكساسكيل. وكذلك سنتحقق من ما إذا كان يمكن اكتشاف بعض الوفر بالطاقة في الخوارزميات الأساسية. فرضيتنا هي أن بعض الخوارزميات ربما يكون لها ميزة في وفر استهلاك الطاقة بسبب بساطتها.

تعد خوارزميات الترتيب والبحث من بين أكثر الخوارزميات المستخدمة في تطبيقات الحوسبة عالية الأداء. يركز عملنا على استكشاف ميزة وفر الطاقة في الخوارزميات الأساسية.

تمت دراسة استهلاك الطاقة في اثنين من أهم خوارزميات الترتيب وكذلك اثنين من خوارزميات البحث الشائعة الاستخدام. تعد خوارزمية الفرز السريع (Quicksort) خيارًا شائعًا يستخدمه المبرمجون على نطاق واسع نظرًا لسرعته مقارنة ببقية الخوارزميات، وهي ميزة قد يكون لها تأثير سلبي على الطاقة بسبب التعقيدات البرمجية في الخوارزمية. وقد تمت مقارنته من حيث كفاءة استخدام الطاقة مع خوارزمية بسيطة تسمى الفرز بالدمج (Mergesort)، وهي بديل بسيط مقابل خوارزمية الفرز السريع بالتجزئة ثلاثية المسلك 3- way partitioning Quicksort. وقد دعمت النتائج في هذا البحث تفوق خوارزمية Mergesort على خوارزمية Quicksort من حيث استهلاك الطاقة.

علاوة على ذلك، قمنا بالتحقق من خوارزمية البحث الثنائي Binary Search مقابل خوارزمية البحث الثلاثي Ternary Search الشائع الاستخدام والاسرع. وقد دعمت النتائج في هذا البحث تفوق خوارزم Binary Search على خوارزم Ternary Search من حيث استهلاك الطاقة.

يمكن هذا البحث الباحثين للبدء في إعادة التفكير في الخوارزميات الأساسية من منظور الطاقة لتقديم توصيات لاستخدام خوارزميات موفرة للطاقة لكي تستخدم في الجيل الجديد من أنظمة الحاسبات العملاقة.

Abstract

Excessive power consumption is the primary obstacle to build the new generation of supercomputers (exascale supercomputers) in the near future. There is a high demand to perform computations for new discoveries in science and technology which currently impossible using existing computing power. In response to this demand, exascale supercomputers are needed to reach sustained performance in the order of exaflops.

To address this issue and achieve exascale performance within a reasonable power budget, more efforts are needed from the high-performance computing (HPC) community in both hardware and software directions. Finding new ways to improve power efficiency will become major challenge for exascale computing researchers.

Additionally, modern central processing units (CPUs) like Sandy Bridge and Haswell architectures are expected to become a significant ingredient in the pursuit of exascale computing due to their performance and power efficiency features.

In this thesis, we highlight the need for finding new techniques to address the power obstacle of exascale systems. We investigate whether some power advantage can be identified in a fundamental computation. The hypothesis is that some algorithms have an inherent power advantage.

Sorting and searching algorithms are among the most used code blocks in high-performance computing applications. Our work focuses on exploring the inherent power advantage of fundamental algorithms. We investigated two competitors of sorting algorithm and two well-known search algorithms. Quicksort is a popular choice that is widely used by programmers because of its fast execution time, a feature that could have an adverse effect on power. We experimentally investigate

the power efficiency of mergesort, a simpler alternative against the 3-way partitioning quicksort algorithm. Results support a distinct advantage for mergesort over quicksort.

Furthermore, we investigated the binary search algorithm against ternary search algorithm. The results support a distinct advantage for binary search over ternary search in terms of power consumption.

Researchers can start to rethink about fundamental algorithms from both power and energy perspective to provide better recommendations for the upcoming exascale systems.