

Master thesis : Performance evaluation and optimization of a GPU-enabled Discontinuous Galerkin code

Auteur : D'Antonio, Marco

Promoteur(s) : Geuzaine, Christophe

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Cours supplémentaires destinés aux étudiants d'échange (Erasmus, ...)

Année académique : 2021-2022

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/15924>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Performance analysis and optimization of a GPU-enabled Discontinuous Galerkin solver

Marco D'Antonio

Department of Computer Science
Academic Year 2021-2022

Supervisors

Prof. Filomena Ferrucci - University of Salerno
Prof. Christophe Geuzaine - University of Liège
Matteo Cicuttin, PhD - University of Liège

Modern supercomputers adopt the use of GPUs to enable better performance on many problems, but developing parallel applications that run at high performance requires a thorough understanding of the hardware and software platforms. Numerical electromagnetics for example, is one of the fields that benefit from modern HPC machines, with various numerical methods that showed improved performance after implementation on GPU. In particular, Discontinuous Galerkin Time Domain methods are usually implemented on GPUs for their scalability.

Gmsh DG, developed at the Applied and Computational Electromagnetics research group of the University of Liège, is a solver for Maxwell's equations using the Discontinuous Galerkin method, targeting high-performance parallel systems. This thesis aimed to implement performance optimizations, a thorough performance analysis and support for multiple GPUs systems.

During the work two optimization were implemented, allowing to improve the overall application performance by reducing memory traffic, increasing locality and enabling the use of compiler optimizations.

The performance of the application were evaluated on real-world problems, performing scaling analysis on a multiprocessor system, showing a perfect scaling up to the bandwidth saturation of the NUMA domains of the AMD processors used for testing. Furthermore, the results show that in order to outperform single GPU execution, about 64 dedicated cores are required. The evaluation was also carried out for the single computational kernels, highlighting how all of them, both on CPU and GPU, exploit to the maximum the bandwidth available and especially for high orders of approximation some kernels show performance very close to the maximum peak achievable by the hardware.

Finally, the work focused on implementing multi-GPU support for the application and testing its performance on the available platform, our measurement show that the solver can achieve good performance that become optimal as the problem size increases.