

Multi-level task-based sparse direct solver

Inria HiePACS

February 3, 2017

1 Encadrants

Mathieu Faverge (Inria HiePACS - mathieu.faverge.fr) & Abdou Guermouche (Inria HiePACS - abdou.guermouche@inria.fr) & Pierre Ramet (Inria HiePACS - pierre.ramet@inria.fr)

2 Contexte scientifique

Du fait des quantités considérables de données et de calculs mises en jeu, la résolution des simulations numériques en vraie grandeur imaginées aujourd'hui par les chercheurs n'est réalisable qu'en ayant recours au calcul parallèle haute performance au sens large. Dans la plupart des simulations numériques utilisant un schéma implicite, l'étape la plus consommatrice en ressources (CPU et mémoire) est la résolution de systèmes linéaires creux de très grandes tailles. En plus de la difficulté numérique inhérente à certains modèles physiques employés, l'augmentation de la taille des systèmes linéaires conduit même les méthodes réputées scalables, telles que les méthodes itératives classiques, à ne plus converger de manière efficace. Nous avons déjà développé depuis de nombreuses années des solveurs linéaires creux parallèles, utilisant tant des méthodes directes qu'itératives. Ces solveurs, d'une grande robustesse, ont déjà permis de traiter des problèmes de très grandes tailles.

Nos solveurs (PaStiX et qr-mumps) intègrent une gestion fine et efficace des multiples niveaux de parallélisme exploitables dans un solveur linéaire creux. En effet, les nouvelles architectures de calcul intensif intègrent de plus en plus de microprocesseurs qui eux-mêmes intègrent un nombre croissant de cœurs de calcul accompagnés d'accélérateurs de type GPU. Afin d'exploiter cette hétérogénéité, des supports d'exécution génériques ont été proposés

afin de simplifier le travail du développeur. Ces supports d'exécution reposent sur la représentation d'un algorithme sous la forme d'un graphe de tâches. Récemment, nous avons pu intégrer et évaluer les performances de nos solveurs sur deux supports d'exécution :

- StarPU qui utilise un modèle de découverte dynamique des dépendances en parcourant linéairement le graphe;
- PaRSEC qui utilise un modèle de graphe paramétré pour décrire algébriquement les dépendances de données.

Nous avons également montré récemment sur le support d'exécution PaRSEC que les ordonnancements à bases de tâches dites 1D montrent leurs limites sur des architectures avec de grands nombres de coeurs, et éventuellement hétérogènes avec la présence de GPUs. Les schémas à base de tâches 2D permettent un grain de parallélisme plus fin et d'alimenter plus facilement l'ensemble des ressources disponibles permettant une meilleure scalabilité et une meilleure utilisation de ces ressources. Une des limites de ces schémas 2D est la création d'un très grand nombre de tâches, de l'ordre de plusieurs dizaines de millions, qui saturent les systèmes d'ordonnancement.

3 Scientific priorities (strategic plan)

Computing the future: models, software and digital systems.

4 Objectif du postdoc

L'objectif de ce travail postdoctoral sera d'étudier la description d'un solveur direct creux a plusieurs niveaux au-dessus de supports d'exécution comme StarPU ou PaRSEC. Le travail se fera en collaboration avec les équipes développant les supports d'exécution afin de proposer une évolution des modèles de programmation vers une description multi-niveaux de l'application. Ce modèle de programmation permettra d'envisager une meilleure scalabilité à très grande échelle sur de très grandes architectures distribuées et hétérogènes.

Cette évolution du modèle de programmation sera associée à une évolution des techniques d'ordonnancement qui devront s'adapter à la nature hiérarchique de cette représentation du problème. La méthode sera validée dans les solveurs PaStiX et qr-mumps sur les machines de plafrim et du méso-centre dans un premier temps, puis sur des machines nationales et européennes (PRACE).

5 Pré-requis

Connaissances ou curiosité en algèbre linéaire, connaissances en parallélisme, connaissances en C.

6 Supervision

Ce postdoc sera effectuée dans l'équipe-projet Inria HiePACS à Bordeaux. Le candidat sera encadré par Mathieu Faverge, Abdou Guermouche et Pierre Ramet (équipe-projet HiePACS).

7 Durée

12 ou 18 mois.

8 Références

[1] PaStiX: A High-Performance Parallel Direct Solver for Sparse Symmetric Definite Systems. P. Hénon, P. Ramet, and J. Roman. *Parallel Computing*, 28(2):301-321, 2002.

[2] Taking advantage of hybrid systems for sparse direct solvers via task-based runtimes. X. Lacoste, M. Faverge, P. Ramet, S. Thibault, and G. Bosilca. *HCW'14 in IPDPSW proceedings*, 2014.

[3] Implementing Multifrontal Sparse Solvers for Multicore Architectures with Sequential Task Flow Runtime Systems. E. Agullo, A. Buttari, A. Guermouche, and F. Lopez. *ACM Trans. Math. Softw.*, 43(2):13.1-13.22, 2016.