

氏 名 河井 裕

学位(専攻分野) 博士(工学)

学位記番号 総研大甲第 1548 号

学位授与の日付 平成24年9月28日

学位授与の要件 高エネルギー加速器科学研究科 加速器科学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 A study in resource federation for e-Science

論文審査委員 主 査 教授 金子 敏明
教授 佐々木 節
教授 合田 憲人
助教 岩井 剛
助教 松永 浩之
教授 松田 秀雄 大阪大学

論文内容の要旨

This research seeks to seamlessly support the infrastructure of distributed computing and storage through the development and study of a software-abstraction layer that interfaces to multiple Grid middleware and to new Cloud environments. Through this abstraction it is possible to sustain uninterrupted access to resources that is robust to the dynamic nature of those resources (compute nodes may fail, storage resources may go offline while a computation is being performed). We studied the software-abstraction layer and provided our Universal Grid User Interface (UGI) architecture for multiple kinds of Grid and Cloud middleware to support end users and application engineers. UGI is implemented based on A Simple API for Grid Applications (SAGA) and provides supplemental and extended functions that are not included in SAGA.

We demonstrated that job submissions can be executed in the UGI-based user environment with different Grid resources. We provided and verified a simple way to execute the jobs based on High Energy and Nuclear Physics (HENP) libraries. For file manipulation, we demonstrated that an application can access the different file-system middleware in the Data Grids. The application enables to handle pieces as completed files, even if a large file is cut up and the separated parts are stored on different Data Grids. We managed the files distributed in heterogeneous Data Grids by using a catalog service. The example demonstrated that an application can obtain the location information about the pieces of files distributed among different kinds of Data Grids, and then access the distributed files.

For applied tools and applications, we demonstrated a method to reliably manage files with Resource Namespace Service (RNS), a UGI-based Web application for Particle Therapy Simulation (PTSim), and an approach inspired by Ant Colony Optimization (ACO). Our method for reliably managing large files works on different kinds of Data Grids using RNS. The volume of digital data and the size of an individual file are increasing due to the introduction of high-resolution images, high-definition audiovisual files, etc. The reliable storage of such large files is becoming problematic with whole file replication as a failure in the integrity of the file is difficult to localize. Our method involves managing large files in Data Grids by splitting them into smaller units in a traceable manner and then managing the smaller units. The RNS catalog service contains EPR (Endpoint Reference) and metadata that describe the original locations as well as the

checksum values. The example we shows how our Grid application can retrieve the actual file locations and the checksum values from the RNS service.

Our second tool is a UGI-based Web application for PTSim. PTSim is a simulation system for particle therapy. The application of particle physics to the medical environment is one of the application areas that have a direct benefit to mankind. PTSim makes use of the Geant4 toolkit to simulate the passage of particles through the human body. It includes a Web interface that can be used by several collaborating medical particle therapy centers. The Web interface allows a non-Grid environment to be easily ported to Grid to take advantage of the additional resources.

Our last tool is for an approach inspired by swarm intelligence, ACO. Swarm intelligence is one of approaches to provide a fault tolerant and efficient means of transferring data in a dynamic environment. Swarm intelligence is inspired primarily by observations of the collective behavior of social insects in addressing complex distributed problems. The basic idea is that each member of the swarm has simple rules that govern its behavior, but the interaction among the members of the swarm can be used to tackle problems that are difficult to solve with complicated numeric methods. We investigate the problem of data distribution among a client and servers in a dynamic environment. We regard each download from a server to the client as a single member in a swarm. The member's behavior is simply to reliably download a data file. Each member can communicate with other members to allow the swarm to settle on the best set of servers to download the data from based on the current status of the environment. ACO is one of Swarm intelligence methods. We created a simulator following the ACO based approach and showed that our approach works well, providing a fault tolerant and efficient means of transferring data in a dynamic environment.

We can utilize the computing and storage resources with our implementation and solution. The challenges of today's researchers who need to collaborate with geographically distributed colleagues with distributed computing and storage resources can be overcome.

河井氏の提出論文は、分散計算機環境を仮想化し、同一の手続きで利用するための手法に関する研究について記述したものである。現在、大規模な計算を行う場合には、ローカルなPC、バッチキューイングシステム、グリッド、クラウドなど様々な計算環境が利用可能である。これら異なる計算環境を平行して同時に利用するためには、それぞれのユーザインタフェースを切り替えて利用しなければならない、容易ではない。また、グリッド環境を提供するミドルウェアは、地域的に別々のものが開発され利用されており、互換性は十分ではない。一方で、より大規模な計算をより広い地域に分散して行いたいという需要が高まっており、本論文はその解決策の一つを提案している。

河井氏は、OGF(Open Grid Forum)で国際標準化が進められているSAGA (Simple API for Grid Applications)の標準化の議論にも参加しながら、SAGAの上位レイヤーとして、よりユーザフレンドリーかつ高機能なUGI(Unified Grid Interface)の開発を行った。UGIには、ジョブ投入に関する機能、ファイルおよびファイルカタログ操作に関する機能、モニター機能が実装されており、webインタフェースの作成も容易に行える。同じくOGFで国際標準化が進められているRNS(Remote Naming Service)を利用したファイル管理、アクセスの手法の確立も行った。同様な努力は、既に他の研究者によっても行われてきたが、国際標準に則ると同時により高度な機能拡張を行い、より多くの基盤技術に動的に対応出来るところが新しい。また、巨大なファイルを異なるシステム上への分割保存およびそのアクセス法を実現し検証した。さらに、インターネット上に分散する資源に効率的にアクセスするために、アリの生態にヒント得たSwarm Inspired Algorithmの開発を行い、UGIを利用してソフトウェアを実装し、実証実験を行い、有用性を証明した。このように創造的な研究をふまえ、同時に実用的な有用性との両面にわたる研究を行っている点も評価できる。

加速器を利用した素粒子、原子核実験の共同研究体の規模は年々非常に大きくなっており、研究者の分布はより広い地域に広がっている。また、収集されるデータの量も莫大に増えており。共同研究体内の計算資源を有効に利用する必要に迫られている。本論文の成果で得られた知見は、将来の実験におけるデータ処理に生かすことが可能である。

学位論文は、英語で記述されており、多数の査読付き国際会議での発表実績もある。そのうちの一つは、国際的に評価の高いCCGrid国際会議(フルペーパーでの査読あり)である。また、Swarm Inspired Algorithmに関する論文は査読付きジャーナル誌に掲

載が決定している。以上のことも勘案し、本審査委員会は、博士論文として十分な内容であると判断し、全員一致で合格と結論する。