

論文の内容の要旨

論文題目 科学技術計算用高次グリッドミドルウェアの研究

氏名 関 口 智 嗣

(本文) グリッドは動的に変化する複数の組織から提供された計算リソースを共有することにより問題解決を目指した分散システムである。1990年代後半から大規模な計算処理や大量のデータを保存・利用するための手段として開発されてきた。その結果 Globus Toolkitなどの基盤グリッドミドルウェアの開発により地球規模に分散する計算リソースの共有は可能となった。一方、プログラミングモデルとしては並列システムで標準的に用いられているMPI(Message Passing Interface)を拡張した提案があったが、グリッドのように異なる組織間で同時に多数のCPUを予約して利用することが現実的に困難であった。本研究ではグリッドにおけるプログラミングモデルを確立することを目的として、分散システムで標準的に用いられているRPC(Remote Procedure Call)に基づいたGridRPCを提案し、基盤グリッドミドルウェアと協調した高次ミドルウェアNinfとして実装を行い、実証的な評価を通じて有効性を示した。

GridRPCは単純な通信モデルに基づくためプログラムの変更が小規模で済み、また逐次処理プログラムを順次並列化させることが可能であるなどユーザに対する親和性が高い。GridRPCがグリッド特有の非均質性や不安定性などの課題に対処するためには以下の3つの機能を基盤グリッドミドルウェアと協調して実現することが課題である。

- (1) 計算途中で変動する計算量や利用可能な計算リソースの増減に対応して呼び出す手続きの数やサイズを動的に制御する適応性(Adaptability),
- (2) 計算リソースやネットワークなどで障害が発生しても計算を継続できるような頑健性(Sustainability),
- (3) 大規模計算を実施する際に十分な性能が確保できるような効率性(Scalability).

Ninfの実装にあたってはこれらの課題を達成するため新たに技術問題の解決を行った。適応性の確保のためにサーバ側だけにスタブを設定するアーキテクチャの工夫、関数ハンドラの導入により呼び出す手続きと計算リソースを分離、GridRPC+MPIのハイブリッドプログラミングなどを実現した。また、頑健性の確保のためにGlobus Toolkitのタイムアウトとハートビート機能を導入し、プログラム側にシステムからの情報を提供することで予期される障害に対する耐故障性を高めた。さらに効率性の確保のために関数ハンドラの複数同時立ち上げなど初期化手続きの簡略化、不必要なデータ転送の圧縮/削減など実装上の工夫を施した。

この結果、Ninfを用いて大規模応用プログラムを書き換えてグリッドのテストベッドで実行し、プログラム変更のためのコストが少ないこと、耐障害性の導入により長時間実行が可能であること、GridRPC+MPIのハイブリッドプログラミングの有効性を示すことに成功した。さらに、標準規

格化の活動を通じてGridRPC APIをグリッドにおける科学技術計算のプログラミングモデルとして確立することに発展させた。

本研究での成果は任意のプログラムに対して適用できる並列/分散プログラミングモデルではないが、グリッドコンピューティングのように複数のコンピューティングリソースを自在に組み合わせることで計算を継続的に実行するような場合には極めて有効な手法である。また、GEO Gridシステムはあくまでも統合の一例でありこのまま一般化することが困難であるが、E-サイエンスに求められる基本機能を具備しているため他の対象領域にも適用可能である。

このように、科学技術計算用高次グリッドミドルウェア研究を通じてグリッドコンピューティングの可能性を大きく開拓し、グリッドの発展に顕著な貢献を行った。