

# グリッド環境における大規模ネットワークシミュレーションのためのネットワークモデル分割手法

Network Model Partitioning Method for Large-Scale Network Simulation in Grid Computing

小川 優<sup>1</sup>  
Yu Kogawa

大崎 博之<sup>2</sup>  
Hiroyuki Ohsaki

今瀬 眞<sup>2</sup>  
Makoto Imase

大阪大学 基礎工学部 情報科学科<sup>1</sup>  
School of Engineering Science, Department of Information and Computer Sciences, Osaka University  
大阪大学 情報科学研究科<sup>2</sup>  
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

## 1 はじめに

並列シミュレーションを用いた、大規模ネットワークのシミュレーション手法に関する研究が、活発に行われている [1]。大規模ネットワークの並列シミュレーションを行うためには、ネットワークモデルを、複数の部分ネットワークモデルに分割する必要がある。各部分ネットワークモデルが、並列シミュレータによって実行される。

大規模ネットワークの並列シミュレーションを実行する環境として、近年注目されているグリッド環境が有望であると考えられる。しかし、グリッド環境では、各計算機の処理速度や、計算機間の通信速度や遅延などがさまざまに異なる。しかし、従来のネットワークモデル分割手法では、計算機資源やネットワーク資源が不均一であるという、グリッド環境の特性に対応できない。

本稿では、グリッド環境に適したネットワークモデル分割手法を提案する。提案手法は、計算機の処理速度の比に応じて、ネットワークモデルを分割することにより、並列シミュレーションの高速化を図る。さらに、並列ネットワークシミュレータを用いた実験により、提案手法の有効性を示す。

## 2 ネットワークモデル分割アルゴリズム

まず、本稿で用いる用語を定義する。シミュレートしたいネットワークのモデルを「ネットワークモデル」、ネットワークモデルに含まれるホストやルータを「ノード」、ネットワークモデルに含まれるリンクを「リンク」、並列シミュレータを実行する計算機を「計算機」、計算機間を接続する通信回線を「通信回線」と呼ぶ。

提案手法の基本的なアイデアは、「シミュレーションを実行する計算機の処理速度の比 = 部分ネットワークモデルの大きさの比」となるように、ネットワークモデルを分割することである。並列シミュレーションを実行する計算機の台数を  $N$  とすれば、ネットワークモデルを  $N$  個の部分ネットワークモデルに分割する。

以下では、ネットワークモデルを、重みつき有向グラフ  $G = (V, E)$  によって表現する。ネットワークモデル中のノードが  $G$  の頂点に、リンクが  $G$  の辺にそれぞれ対応する。頂点および辺の重みはすべて 1 とする。計算機  $i$  ( $1 \leq i \leq N$ ) の処理速度を  $r_i$  とする。提案するネットワークモデル分割手法は、文献 [2] のグラフ分割アルゴリズムを利用したものであり、そのアルゴリズムは以下の通りである (図 1)。

### 1. グラフの粗粒化

グラフ  $G$  において、複数の頂点を統合することにより、粒度の大きな (頂点および辺の数が少ない) グラフ  $\bar{G}$  を得る [2]。これは、グラフの規模を小さくす

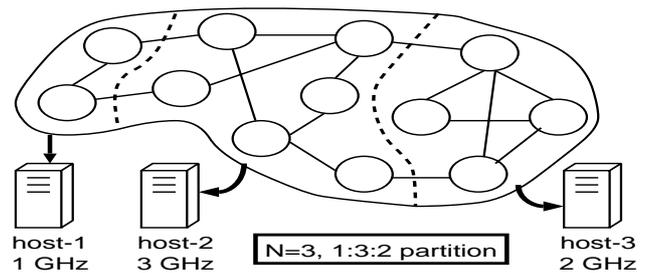


図 1 提案するネットワークモデル分割手法の概要

ることにより、次ステップの計算量を少なく抑えるためである。

### 2. グラフの分割

粗粒化したグラフ  $\bar{G}$  を 2 つの部分グラフ ( $\bar{G}_1, \bar{G}_2$ ) に分割する [2]。この時、部分グラフの頂点の重みの和の比が、計算機の処理速度の比と等しくなるように分割する。つまり、グラフ  $G = (V, E)$  の頂点の重みの和を  $W(G)$  とすれば、

$$\frac{\sum_{k=1}^{\lfloor N/2 \rfloor} r_k}{\sum_{k=\lfloor N/2 \rfloor + 1}^N r_k} = \frac{W(\bar{G}_1)}{W(\bar{G}_2)}$$

となるように分割する。この時、部分グラフ間の辺 (カット) の重みの和が最小となるように分割する。

### 3. グラフの細粒化

グラフ  $\bar{G}_1$  および  $\bar{G}_2$  において、ステップ 1 で統合した頂点を分離することにより、粒度の大きな (頂点および辺の数を多い) グラフ  $G_1$  および  $G_2$  を得る [2]。これにより、元のグラフと同じ粒度の部分グラフが得られる。

このようにして得られた部分グラフ  $G_1, G_2$  それぞれに対して、上記のステップ 1. ~ 3. を再帰的に適用することにより、最終的に  $N$  個の部分グラフを得ることができる。

## 参考文献

- [1] H. Ohsaki, S. Yoshida, and M. Imase, "On network model division method based on link-to-link traffic intensity for accelerating parallel distributed simulation," in *Proceedings of 4th International Conference on Networking (ICN' 05)*, Apr. 2005, pp. 749–757.
- [2] G. Karypis and V. Kumar, "A fast and high quality multilevel scheme for partitioning irregular graphs," *SIAM Journal on Scientific Computing*, vol. 20, no. 1, pp. 359–392, Aug. 1998.