

# データグリッドのためのポリシーベースの協調モデル

## A Policy-Based Coordination Model for Data Grid

高橋直久 片山喜章 R.S.Bhuvaneshwaran

Naohisa TAKAHASHI Yoshiaki KATAYAMA R.S.BHUVANESWARAN

名古屋工業大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

{naohisa, katayama, bhuvan}@moss.elcom.nitech.ac.jp

我々は、広域ネットワークに散在する資源の割付け、および、ネットワークとサーバに対するモニタリングを有機的に結合したデータグリッドの新しいパラダイムの開発を目指している。本稿では、これらの資源割付けやモニタリングをはじめ、データの複製、セキュリティなどデータグリッドに係わる諸機能のための協調モデルを提案する。このモデルでは、自律分散した多数の機能モジュールそれぞれの動作規範を記述したポリシーに対して、ユニフィケーション、ペリフィケーション、アダプテーションの3つの機構を実現することにより、各機能モジュールを協調させる。

### 1 はじめに

データグリッドは、世界中に置かれた膨大なデータを組織化し、ネットワーク経由で便利に効率良く利用できるような仕組みとして期待されている。このような期待に応えるため、データグリッドでは、データ格納装置やデータ管理サービスをグリッド環境に統合し、可用性向上のためデータの複製を複数地点に置くなどの工夫がなされている [1, 2, 3]。また、アプリケーションの性能要求を満たすために、複数のリソースを同時に割当てる方式 [1, 3] が提案されている。たとえば、多数のサーバが同じデータの複製を持つ場合に、それらのサーバを連携させてデータを並列、かつ高速にダウンロードすることを可能にする。しかし、実際にはネットワークのトラヒックの変動や輻輳、サーバの輻輳などがあるため、高速化の達成が困難になる。また、ネットワーク、サーバ、データの複製などは、それぞれ自律性の高い独立した組織により管理されているため、アプリケーションに応じて、それらのリソースを効果的に連携させる仕組みが必要になる。

このような問題に対処するため、我々は、ダウンロードに必要な資源の割付け、および、ネットワークとサーバに対するモニタリングを有機的に結合したデータグリッドの研究を進めている。本稿では、この研究の概要を紹介するとともに、この研究の基礎となるポリシーベースの協調モデルについて述べる。この協調モデルでは、分散した多数の自律的な機能モジュールそれぞれの動作規範を記述したポリシーに

対して、整合性検証機能、および、他の機能モジュールへの適応機能を実現し、自己管理型データグリッドの基盤を与えることを目指している。

### 2 動的割付けとモニタリングの協調機能を有するデータグリッド

従来、データグリッドに対して、過去の履歴に基づいて複数のコネクションを選択して同時利用することにより高速化する方式 [1, 3] が提案されている。これらの方式では、ネットワークのトラヒックの変動や輻輳、サーバの輻輳により、十分に高速化できない場合がある。

このような問題に対処するため、我々は、図1に示すように、既存のグリッドコンピューティングの機能(グリッドミドルウェア)とクライアントの間に、以下の機能を有するデータグリッドを実現する。

- コ・アロケータ: データを分割して複数のサーバと通信路を同時に割り付ける
- モニタ: プローブパケットを用いて通信遅延時間、ジッタ、パケットロス、帯域幅、サーバの負荷などを測定する
- コーディネータ: モニタの測定結果をコ・アロケータに反映させるとともに、アプリケーションの種類や資源割付けの結果に従ってプローブパケットの送信間隔を変化させるなどモニタを制御する

モニタの測定結果は、将来の割付けポリシーに反映させるためにコ・アロケータにフィードバックされる。これらはモニタサーバを介して他のクライア

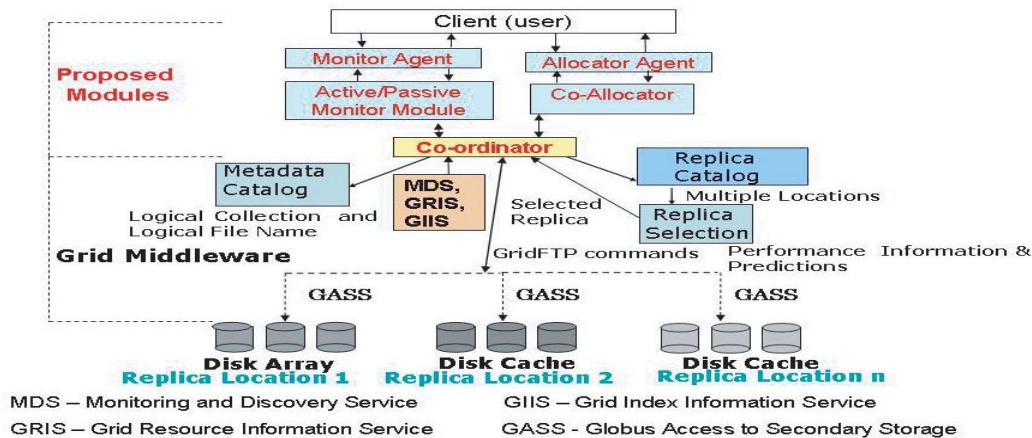


図 1: 動的割付けとモニタリングの協調機能を有するデータグリッド

ントが利用可能である。また、モニタはグリッドミドルウェアに対するインタフェースを提供する。我々は、これまでに、転送元サーバの重複割り当てを許す、サイクリックキューを用いた並列データ転送方式を開発した [4]。この方式は、従来の動的な資源割付方式に比べて、高速性と故障耐性の点で優れているとともに、映像データ配信など大量データのストリーム転送においても大きな効果が得られる。また、多地点で協調的にパケットを観測し、結果を有機的に結び付けるために、各地点の観測装置に搭載するミドルウェアを設計し実現した [5]。これは、図 2 に示すようなアクティブモニタリングシステムである。このシステムでは、モニタリングの方針を記述したポリシーに基づいて、複数のモニタからのプローブパケットの送出操作、および、監視のためのパケットキャプチャ操作を同期的に実行する。

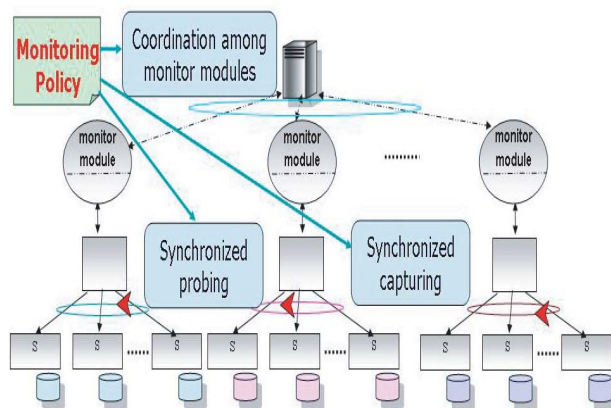


図 2: ポリシーベースのアクティブモニタリング

### 3 ポリシーベースの協調モデル

データグリッドでは、資源割付け、データ複製、セキュリティ管理など多数の機能モジュールが係わる。これらのモジュールは、一般に異なる組織により管理され、自律性の高い分散システムとして動作する。このため、それぞれの機能モジュールを、他の機能モジュールの管理状態、あるいは、ネットワークやサーバなどのリソースの利用状況などに応じて効果的に動作させるためには、各機能モジュールを協調させる仕組みが必要になる。本稿では、これらのモジュールの動作規範をポリシーとして記述し、図 3 のように、ポリシーに対して以下の 3 つの機構を実現することにより各モジュール間の協調動作を制御するポリシーベースの協調モデルを提案する。このモデルでは、ポリシーの動作制御を記述するために用いるリソースやメトリックなどの記述要素をシンボルと呼ぶ。シンボルは、図 4 に示すように、各ポリシーに対して定義され、各ポリシー間でシンボルの値をやり取りして協調動作を実現する。

- ユニフィケーション (結合)  
ベリフィケーションとアダプテーションを可能にするために、シンボルの意味を解釈してポリシー間でシンボルを結合する。
- ベリフィケーション (検証)  
ポリシー間での一貫性の欠如やポリシー内部の異常を検出する
- アダプテーション (適応)  
性能の最適化やポリシー異常の解消のために、ネットワークダイナミクスや他のポリシーに合わせて機能モジュールの動作を変化させる。

以下の各節では、図 4 に示したポリシーに対する機能モジュール間での協調のうち、モニタとリソー

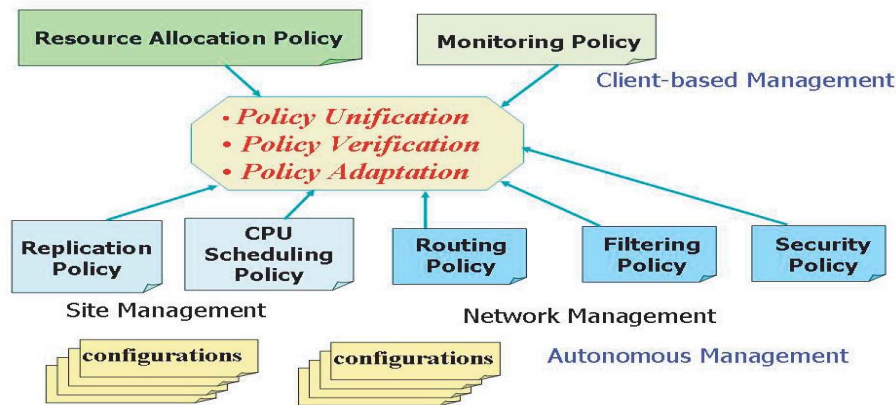


図 3: データグリッドのためのポリシーベースの協調モデル

スアロケータの協調, モニタとセキュリティモジュールの協調, および, 複数のセキュリティモジュール間の協調について述べる.

### 3.1 モニタとリソースアロケータの協調

#### (1) モニタ

モニタの動作をリソースアロケーションポリシーに合わせて変化させる (アダプテーション)  
 ・コネクション (c) を解釈してフロー (f) に変換する

フロー f を監視するプローブパケットを送出する  
 ネットワークとサーバのダイナミクスのメトリクスを測定する

リソースアロケータに測定したメトリクス (m) を通知する

#### (2) リソースアロケータ

モニタから測定メトリクス (m) を受ける  
 測定メトリクスに従いサーバ選択確率を計算する  
 選択確率に基づいてサーバを選択する  
 選択したサーバにデータ要求を送信する

### 3.2 モニタとセキュリティモジュールの協調

#### (1) モニタ

モニタの動作をセキュリティポリシーに合わせて変化させる (アダプテーション)

プローブパケットを送り, フローに基づいてコネクションとサーバを監視する

ネットワークとサーバのダイナミクスを測定する

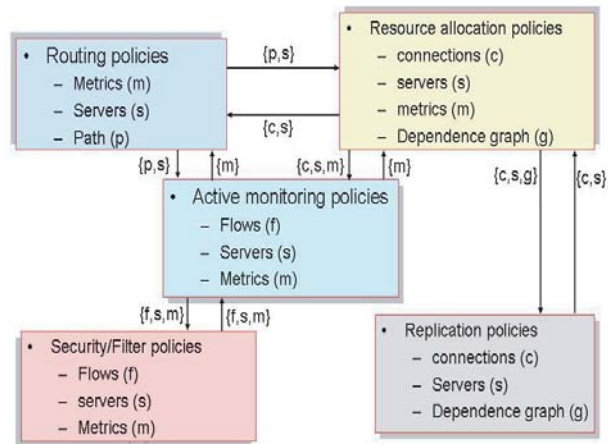


図 4: ポリシーのシンボルとユニフィケーション

測定メトリクス (m) をセキュリティモジュールに通知する

#### (2) セキュリティモジュール

セキュリティモジュールの動作をネットワークダイナミクスに合わせて変化させる (アダプテーション)  
 ・サーバとフローに変更が生じた場合には, 異常検出システムが必要な操作を起動しフィルタを更新する [7, 8]  
 ・トラヒックメトリクス (m) に基づいてフィルタを近似する [10]

サーバとフローを診断する

フロー (f) をモニタに通知する

### 3.3 複数のセキュリティモジュール間の協調

図 4 に示した各ポリシーで用いるシンボルのうち, サーバ, フロー, コネクションなどは, IP アドレス,

ポート番号などにより指定される。また、ファイアウォールなどのセキュリティモジュールのポリシーは、これらのシンボルの値域を条件とし、その条件を満たすパケットに対する操作をアクションとして指定した、フィルタにより記述する。複数のセキュリティモジュールを用いる場合には、各ポリシーに記述された一連のフィルタ系列の意味を解釈し、ポリシー間での一貫性の欠如やポリシー内部の異常を検出し(ベリフィケーション)、また、性能の最適化やポリシー異常の解消のために、ポリシーをネットワークダイナミクスや他のポリシーに合わせて更新してセキュリティモジュールの動作を変化させる(アダプテーション)。

我々は、各フィルタの動作を順に追いかけてフィルタ系列の意味を操作的に解釈する代わりに、図5に示すように、フィルタを空間的に表現しフィルタ間およびフィルタとフローの間の空間的關係を解釈することにより、ベリフィケーションとアダプテーションを実現する。ここでは、フィルタのふるい(sieve)関数によりパケットとフィルタを空間的に表現する方式[6]を用いる。また、ふるい関数により複数のフィルタリングポリシーの意味を空間的に表現してユニフィケーション可能にし、ポリシーの設定異常の解析法を実現する[7]。フィルタリングポリシーのベリフィケーションについては文献[7, 8]、アダプテーションについては文献[9, 10]を参照されたい。

#### 4 おわりに

本稿では、動的割付けとモニタリングの協調機能を有するデータグリッドに関する研究を紹介し、この研究の基礎となるポリシーベースの協調モデルの概要について述べた。

今後、自己管理型データグリッドの実現を目指して、この協調モデルを詳細化し、具体的なポリシー、および、それに基づく機能モジュールを用いたデータグリッドのプロトタイプの実現を進める。

#### 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(特定領域研究18049038, 基盤研究(C)18500050, 特別研究員奨励費1604285)の研究助成によるものである。

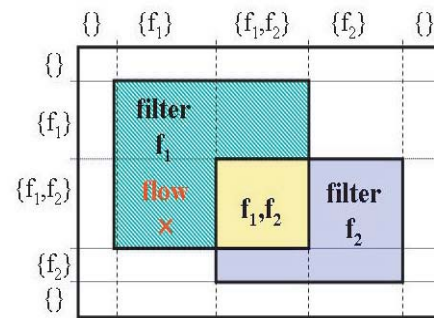


図5: フィルタとフローの空間的關係

#### 参考文献

- [1] S. Vazhkudai, Enabling the Co-allocation of Grid Data Transfer, Proc. of International Workshop on Grid Computing, pp. 44-51, 2003.
- [2] Chun Hsiang Chen, Chao-Tung Yang, Chun-Lin Lai, Towards an Efficient Replica Selection for Data Grid, Proc. of the First Workshop on Grid Technologies and Applications, 2004.
- [3] Chao-Tung Yang, Hsien Yang, Chun Hsiang Chen, Improve Dynamic Adjustment Mechanism in Co-allocation Data Grid Environments, Proc. of the 11th Workshop on Compiler Techniques for High-Performance Computing (CTHPC 05), Taiwan, pp. 189-194, 2005.
- [4] R.S. Bhuvaneshwaran, Y. Katayama and N. Takahashi, Dynamic Co-allocation Scheme for Parallel Data Transfer in Grid Environment, Proc. of the First International Conference on Semantics, Knowledge and Grid, IEEE Computer Society, Beijing, pp. 178-188, 2005.
- [5] 蟹江弘士, 片山喜章, 高橋直久, 協調型アクティブモニタリングシステムの実装と評価, 電子情報通信学会技術研究報告 情報ネットワーク IN2005, pp.73-78, 2006.
- [6] N. Takahashi, A Systolic Sieve Array for Real-time Packet Classification, IPSJ Journal, Vol. 42, No. 2, pp. 146-166, 2001.
- [7] Yi Yin, Yoshiaki Katayama and Naohisa Takahashi, Implementation of Packet Filter Configurations Anomaly Detection System with SIERRA, LNCS 3783(Proc. of 7th International Conference on Information and Communications Security (ICICS2005)), pp.467-480, 2005.
- [8] 尾池健二, 片山喜章, 高橋直久, ポリシーリフレクターを用いたネットワークアクセス検査機能の設定検証システム, 電子情報通信学会論文誌 DI, Vol.J88-DI, No.11, pp.1622-1633, 2005.
- [9] 大須賀怜, 片山喜章, 高橋直久, 近似機能を有する空間分割型パケット分類器, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.4, pp. 1195-1208, 2006.
- [10] 中村陸, 片山喜章, 高橋直久, トラヒック特性に基づく近似機能を有する空間分割型パケットキャプチャシステム, 電子情報通信学会技術研究報告 情報ネットワーク, IN2006-48, pp. 79-84, 2006.