Osaka University Knowledge Archive

Title	ネットワーク資源を動的割当可能なジョブ管理システムに関する研究
Author(s)	渡場, 康弘
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52039
rights	©一般社団法人電子情報通信学会2014
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式3

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (渡 場 康 弘)	
論文題名	ネットワーク資源を動的割当可能なジョブ管理システムに関する研究

論文内容の要旨

高性能計算環境における資源管理は，個々の計算の実行性能および計算環境の効率的な運用に影響する要因の1つである．近年の高性能計算環境は，多数の計算ノードをインターコネクトと呼ばれるネットワークで相互接続したクラスタシステムとして構成されており，その規模は性能向上を目指し大規模化する傾向にある．一般的に，高性能計算環境への計算要求は高い実行性能を得るため，できるだけ多くの計算ノードを同時に利用した分散並列計算として実行される．そのため，計算ノード間の通信性能は，計算の実行性能に多大な影響を与える．また，高性能計算環境は，複数のユーザから出された多数の計算要求に対して複数の計算を同時に実行するのが一般的であるため，個々の計算に対して高い実行性能を提供するためには，各計算における資源利用の状況を考慮した効率的な資源割当が必要である．

このような高性能計算環境において，ユーザの計算要求をジョブとして受け付け，効率的に資源を割り当てるジョブ管理システム（Job Management System, JMS）が広く採用されている．しかし，今日利用可能なジョブ管理システムの多くは，計算ノードが持つ計算資源のみを管理しており，計算ノード間のインターコネクトをネットワーク資源として管理していない．以上のような背景から，本研究では，クラスタシステムにおけるインターコネクトに着目し，計算資源と同様にネットワーク資源を動的に管理するジョブ管理システムに関する研究開発を行う．

本論文では，まずネットワーク資源であるインターコネクトを動的に管理・割当を行うための課題について分析を行う．分析結果より，本目的を実現するための技術課題として，（1）ネットワーク資源を動的に管理・制御する機能を備えたジョブ管理システムの実現可能性の検証，（2）提案ジョブ管理システムへのネットワーク資源を制御する資源割当ポリシの配備による有用性・実用性の評価が必要であることを示す．

1点目の課題であるネットワーク資源を動的に管理・制御する機能を備えたジョブ管理システムの実現可能性の検証に対して，新しいネットワークアーキテクチャのコンセプトであるSoftware-Defined Networking（SDN）に着目し，SDN を利用してネットワーク制御機能を拡張したSDN-enhanced JMSフレームワークを提案する．ネットワーク制御機能はSDNの一実装であるOpenFlowを統合した外部モジュールとして実装し，従来のジョブ管理システムと連携させることで両資源の管理・割当を実現する．SDN-enhanced JMSフレームワークに対してFlat-tree インターコネクト構成のクラスタシステム上で評価実験を行い，ネットワーク資源の管理･割当が可能であることを確認する．

2点目の課題である提案ジョブ管理システムへのネットワーク資源を制御する資源割当ポリシの配備による有用性・実用性の評価に対して，実際的な冗長経路を有するクラスタシステムで広く採用されているFat-tree インターコネクト構成のクラスタシステムを対象とした資源割当ポリシを提案し，SDN-enhanced JMSフレームワーク上で実際に実装・配備を行えることを確認する．その上で，提案する資源割当ポリシを配備したSDN-enhanced JMSフレームワークに対してFat-tree インターコネクトを持つクラスタシステム上で評価実験を行い，提案手法の有用性・実用性を示す．

最後に，本研究の成果についてまとめ，今後の展望を述べて本論文を締めくくる．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　　渡場　康弘　　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教授	竹村　治雄
	副 査　教授	土屋　達弘
	副 査　准教授	長谷川　剛
	副 査　准教授	伊達　進

論文審査の結果の要旨

提出された論文では、クラスタシステムにおいて計算資源とネットワーク資源をともに管理・制御することで分散並列計算に高い実行性能を提供するジョブ管理システムについてまとめている。クラスタシステムでは多数の計算ノードを同時に利用する分散並列計算による利用が一般的であるため計算ノード間の通信性能は高い実行性能を得るため重要であるが、資源の管理・割当を行うジョブ管理システム（Job Management System, JMS）の多くは計算資源だけを扱う。本研究では、分散並列計算を対象としたジョブ管理システムにおいて、インターコネクトをネットワーク資源として動的に制御する新たな試みである。本論文では以下に述べる二つの成果を述べている。

第一の成果として、ネットワーク資源を動的に管理・制御する機能を備えたNetwork-aware ジョブ管理システムの実現可能性を示した。インターコネクトをネットワーク資源として制御するため、プログラマブルなネットワーク制御を可能とするSoftware Defined Networking (SDN) コンセプトに着目し、従来のジョブ管理システムに対してSDN を利用したネットワーク制御機能を拡張した SDN-enhanced JMS フレームワークを提案した。ネットワーク制御機能はSDN の一実装であるOpenFlow を統合した外部モジュールとして実装し、本モジュールと従来のジョブ管理システムを連携させることで、計算資源とネットワーク資源をともに管理・制御することを可能とした。Flat-tree クラスタシステムにおいてSDN-enhanced JMS フレームワークにジョブを投入して、インターコネクトの利用状況を考慮したジョブへの効率的な資源割当が可能であることを示した。

第二の成果として、冗長経路を持つ実際的なクラスタシステムにおけるネットワーク資源を動的に制御するジョブ管理システムの有用性および実用性を示した。実際的なクラスタシステムで広く採用されているFat-tree インターコネクトを対象とした計算資源の割当と冗長経路への負荷分散を連携して制御する資源割当ポリシを提案・実装した。Fat-tree クラスタシステムにおいて、提案する資源割当ポリシを配備したSDN-enhanced JMS フレームワークによるジョブへの資源割当が、従来のジョブ管理システムより高い通信性能を提供できることを示した。

以上の一連の研究成果は、SDN-enhanced JMS フレームワークと名付けられ、体系的にまとめられている。これまでのジョブ管理システムでは困難であったネットワーク資源の動的な管理・制御を実現している点において、計算資源とネットワーク資源をともに管理・制御する資源管理技術の向上に大きく貢献すると考えられる。また、本研究で実装されたSDN-enhanced JMS フレームワークは、分散並列計算に適したネットワーク資源の動的制御技術や資源割当アルゴリズムを研究開発する基盤技術としての有用性も認められる。資源管理技術の進展に重要な成果を挙げた研究として、情報科学に寄与するところが大きいと考えられる。よって、本論文は博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。