The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Programmable Interconnect Control Adaptive to Communication Pattern of Applications
Author(s)	髙橋, 慧智
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/72595
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式3

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　　髙橋慧智　　）	
論文題名	Programmable Interconnect Control Adaptive to Communication Pattern of Applications (アプリケーションの通信パターンに適応するプログラマブルな相互結合網制御)

論文内容の要旨

近年の高性能計算機の多くは，相互結合網と呼ばれる高性能ネットワークによって多数の計算機を相互接続したクラスタ・アーキテクチャに基づく．クラスタでは，多数の計算機上に分散した複数のプロセスが相互に通信しつつ並列に計算を実行する．それゆえ，相互結合網を介した通信性能がクラスタ全体の計算性能に影響を与える．クラスタ上で実行される並列分散アプリケーションは，それぞれ固有の局所的かつ規則的なプロセス間通信パターンを示す．一方，クラスタ上では多種多様なアプリケーションが実行されるため，相互結合網は特定のアプリケーションの通信パターンに限定せず設計される．そのため，通信パターンと相互結合網の組み合わせによっては，相互結合網内の一部分にパケットフローが集中し，プロセス間通信の性能が劣化する．

本研究では，近年急速に普及しつつあるSoftware-Defined Networking (SDN) 技術を活用し，アプリケーションの通信パターンに適応するプログラマブルな相互結合網制御技術を確立する．本目的を実現するため，(1) 相互結合網内のパケットフローの分析，(2) 通信パターンを意識した相互結合網内のパケットフローの動的制御によるプロセス間通信の高速化，および，(3) アプリケーションの実行と相互結合網内パケットフロー制御の連携の3点の技術課題を設定する．

課題 (1) に対しては，クラスタ上でアプリケーションを実行した際に，相互結合網内に発生するパケットフローを分析するためのツールセットPFAnalyzerを実現した．これにより，アプリケーションから抽出したプロセス間通信パターンを用い，相互結合網内に発生するパケットフローの集中を高速に推定する手法を確立した．

課題 (2) に対しては，相互結合網内のパケットフローの動的制御によりMPI集団通信を高速化するフレームワークSDN-enhanced MPIを実現した．これにより，集団通信のプロセス間通信の通信経路の衝突を軽減するパケットフロー制御アルゴリズムを配備可能にし，集団通信の高速化を実現した．

課題 (3) に対しては，アプリケーションの実行と相互結合網内のパケットフローの制御を低オーバーヘッドに連携する機構UnisonFlowを実現した．これにより，各パケットの粒度で通信と計算が連携動作する新たなクラスタ・アーキテクチャを確立した．

提案の有効性を評価するため，次の評価実験を実施した．まず，PFAnalyzerによって推定されたパケットフローと，実際のクラスタ上でアプリケーションを実行した際のパケットフローの差が十分に小さいことを示した．次に，SDN-enhanced MPIによりMPI集団通信が高速化されることを実証した．最後に，UnisonFlowによりアプリケーションの実行と相互結合網内のパケットフロー制御が連携されていることを確認し，連携にともなうオーバーヘッドが小さいことを示した．以上のように，本研究は，アプリケーションの通信パターンに適応し，動的にパケットフローを制御するプログラマブルな相互結合網の実現に貢献した．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　高橋　慧智　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	下條　真司
	副 査	教授	鬼塚　真
	副 査	教授	松下 康之

論文審査の結果の要旨

提出された論文では，近年急速に普及しつつあるSoftware-Defined Networking（SDN）技術を活用し，アプリケーションの通信パターンに適応するプログラマブルな相互結合網制御技術を確立する提案を行っている．

主な成果としては，（1）相互結合網内のパケットフローの分析，（2）通信パターンを意識した相互結合網内のパケットフローの動的制御によるプロセス間通信の高速化，および，（3）アプリケーションの実行と相互結合網内パケットフロー制御の連携の3点の技術課題を設定し，解決法を提案している．

課題（1）に対しては，クラスタ上でアプリケーションを実行した際に，相互結合網内に発生するパケットフローを分析するためのツールセットPFAnalyzerを実現し，アプリケーションから抽出したプロセス間通信パターンを用い，相互結合網内に発生するパケットフローの集中を高速に推定する手法を確立している．

課題（2）に対しては，相互結合網内のパケットフローの動的制御によりMPI集団通信を高速化するフレームワークSDN-enhanced MPIを実現した．これにより，集団通信のプロセス間通信の通信経路の衝突を軽減するパケットフロー制御アルゴリズムを配備可能にし，集団通信の高速化を実現している．

課題（3）に対しては，アプリケーションの実行と相互結合網内のパケットフローの制御を低オーバーヘッドに連携する機構UnisonFlowを実現した．これにより，各パケットの粒度で通信と計算が連携動作する新たなクラスタ・アーキテクチャを確立している．

提案の有効性は，PFAnalyzerによって推定されたパケットフローと実際のクラスタ上でアプリケーションを実行した際のパケットフローの差が十分に小さいことを示したこと，SDN-enhanced MPIによりMPI集団通信が高速化されることを実証したこと，UnisonFlowによりアプリケーションの実行と相互結合網内のパケットフロー制御が連携されていることを確認し，連携にともなうオーバーヘッドが小さいことにより示されている。

以上のように，本論文は，アプリケーションの通信パターンに適応し，動的にパケットフローを制御するプログラマブルな相互結合網の実現に貢献している．

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。