

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	エクストリームビッグデータアプリケーションのための不揮発性メモリの片方向通信への融合
Title(English)	Integration of Non-volatile Memory into One-sided Communication for Extreme Big Data Applications
著者(和文)	松宮 遼
Author(English)	Ryo Matsumiya
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11068号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:遠藤 敏夫,増原 英彦,脇田 建,額田 彰,横田 理央
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11068号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	数理・計算科学 数理・計算科学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(理学)
学生氏名： Student's Name	松宮 遼		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	教授 遠藤 敏夫	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「Integration of Non-volatile Memory into One-sided Communication for Extreme Big Data Applications (エクストリームビッグデータアプリケーションのための不揮発性メモリの片方向通信への融合)」と題し、片方向通信と呼ばれる通信モデルを不揮発性メモリに適用する場合の性能向上手法とその実装方法について議論している。本論文は以下のような英文 7 章で構成されている。

第 1 章「Introduction」では、まず本研究の対象であるエクストリームビッグデータアプリケーションの開発には高メモリ容量や高通信性能といったハードウェア的課題、高生産性と高移植性といったソフトウェア的課題があることを述べている。それらの課題を解決するために高い密度を持つ不揮発性メモリ、高い生産性と性能を持った通信モデルである片方向通信に着目し、不揮発性メモリに対して片方向通信を適用する上で生じる問題とそれに対する主要な成果を述べている。

第 2 章「Background」では、本論文を理解する上で必要となるメモリ技術、通信モデルについて述べられている。まずメインメモリとして一般的に利用されている DRAM について述べ、DRAM では高メモリ容量を達成することが困難であることを指摘している。他方で、不揮発性メモリは高メモリ容量を実現することが可能であるが、DRAM と比較して性能が低くなることを指摘している。また通信モデルについては、片方向通信に至るまでの歴史的背景について述べ、片方向通信が注目されるきっかけとなった Remote Direct Memory Access と呼ばれる通信技術についても触れている。

第 3 章「ComEx-PM: Vertical Approach」では、NVM に対応した片方向通信ライブラリ ComEx-PM について述べている。ComEx-PM は既存のフレームワーク Global Arrays (GA) で使用されている片方向通信ライブラリの ComEx を変更することによって実装されている。また、NVM をメインメモリ、DRAM をキャッシュとして利用する垂直的アプローチを提案し、ComEx-PM に適用したことを述べている。ComEx-PM を利用したプログラムでは 1 つのノードに複数のプロセスを立ち上げ、各プロセスのヒープを NVM と DRAM の間でスワップさせる。このようにすることで、GA を使用したアプリケーションはソースコードの変更をすることなく NVM を利用することができる。評価では ComEx-PM によって GA を使用したアプリケーションのソースコードの変更をすることなく NVM を利用した動作できたことと、NVM によって発生するオーバーヘッドについて示している。また、NVM によって発生するオーバーヘッドを低減する最適化手法についても提案している。

第 4 章「vGASNet: Horizontal Approach」では、NVM に対応した別の片方向通信ライブラリ vGASNet について述べている。また、垂直的アプローチだけでなく、遠隔の DRAM をキャッシュとして利用する水平的アプローチを提案している。vGASNet は既存の片方向通信ライブラリの GASNet をラップすることによって実装されている。vGASNet は、GASNet 上で作成されたアプリケーションのソースコードが必要となるケースもあるが、ComEx-PM にて問題になっていたプロセスのコンテキストスイッチによって発生するオーバーヘッドを削減している。更には vGASNet に対して水平的アプローチを実装する上で発生するキャッシュコヒーレンスの問題について触れ、vGASNet に向けた新たなキャッシュコヒーレンスプロトコルの MOESI-F プロトコルを提案している。評価では、vGASNet における水平的アプローチによる性能向上について示している。

第 5 章「Related Work」では、本論文と近い目的意識を持つものや、垂直的アプローチおよび水平的アプローチの根幹となった研究を複数紹介し、本論文との関連性や差異について述べている。また、ComEx や GASNet 以外の片方向通信ライブラリと本研究の親和性についても触れている。

第 6 章「Future Directions」では、まず本論文では取り扱わなかった最新のメモリ関連技術および片方向通信の影響を受けて開発されたハードウェア技術について紹介している。その上で、それらの技術と垂直的アプローチ、

水平的アプローチの融和性が高いことを示している。また、既存のハードウェア技術、ソフトウェア技術と本論文で提案した手法を組み合わせることによって、エクストリームビッグデータアプリケーションのための新たな計算機システムが構築できる可能性を詳細に記述している。

第7章「Conclusion」では本研究の総括をしている。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： 数理・計算科学 系
Department of, Graduate major in 数理・計算科学 コース
学生氏名： 松宮 遼
Student's Name

申請学位(専攻分野)： 博士 (理学)
Academic Degree Requested Doctor of

指導教員(主)： 教授 遠藤 敏夫
Academic Supervisor(main)

指導教員(副)：
Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This dissertation, namely “Integration of Non-volatile Memory into One-sided Communication for Extreme Big Data Applications”, discusses the way to integrate non-volatile memory (NVM) into a state-of-the-art communication model named one-sided communication. This dissertation consists of seven chapters as follows.

Chapter 1: Introduction. This chapter firstly claims that developing extreme big data applications has several problems in the terms of both hardware and software. To solve these problems, this chapter proposes to integrate NVM into one-sided communication. Also, this chapter introduces several issues of the integration and their solutions briefly.

Chapter 2: Background. This chapter firstly explains some memory technologies. Dynamic Random Access Memory (DRAM), often used as main memory, is pointed out that its density is insufficient for extreme big data applications. On the other hand, NVM density is larger than DRAM, however, its performance is inefficient. Moreover, this chapter also shows historical background of one-sided communication.

Chapter 3: ComEx-PM: Vertical Approach. This chapter describes design and implementation of ComEx-PM. ComEx-PM is a variation of ComEx, used in Global Arrays (GA), an existing framework. To utilize NVM, ComEx-PM uses the vertical approach, which considers NVM as main memory and DRAM as the cache. In ComEx-PM, a physical node spawns multiple processes as virtual nodes. Each heap is swapped between NVM and DRAM. This methodology enables GA programs to use NVM without any source code modifications.

Chapter 4: vGASNet: Horizontal Approach. This chapter describes design and implementation of vGASNet. vGASNet is a wrapper library of GASNet, widely used one-sided communication library. For performance improvement, GASNet programs may need source code modifications to use vGASNet. In addition, vGASNet adopts the horizontal approach, which utilizes remote DRAM as the shared cache among nodes. This chapter also proposes a cache coherence protocol for vGASNet.

Chapter 5: Related Work. This chapter introduces existing works related to this dissertation.

Chapter 6: Future Directions. This chapter firstly introduces a modern memory(-related) technologies and hardware inspired by one-sided communication. Besides, by combining such works and this dissertation, this chapter also gives some suggestions for the future extreme big data systems.

Chapter 7: Conclusion. This chapter summarizes this dissertation.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).